

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Политехнический институт  
институт  
Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
С.В. Комонов  
подпись инициалы, фамилия  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2016г.

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

20.03.01 «Техносферная безопасность»  
код и наименование специальности

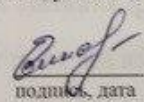
Разработка технологической схемы очистки сточных вод

ФГУП «Красмашзавод»  
тема

Пояснительная записка

Руководитель   
16.06.16 подпись, дата канд. техн. наук  
должность, ученая степень

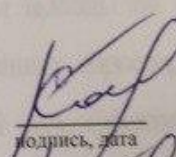
И.В. Андруняк  
инициалы, фамилия

Выпускник   
подпись, дата

Я.Г. Елистратова  
инициалы, фамилия

Консультанты по разделам:

Консультант по  
нормативно-правовой базе  
наименование раздела

  
подпись, дата

С.В. Комонов  
инициалы, фамилия

Нормоконтроль

  
подпись, дата

С.В. Комонов  
инициалы, фамилия

Красноярск 2016

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка технологической схемы очистки сточных вод ФГУП «Красмашзавод»» содержит 89 страниц, включает 9 таблиц, 21 литературных источников и 5 листов графического материала.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД, ВЗВЕШЕННЫЕ ВЕЩЕСТВА, НЕФТЕПРОДУКТЫ, ХЛОРИДЫ, СУЛЬФАТЫ, ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, ЭЛЕКТРОФЛОТАТОР, ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ ОТСТОЙНИК.

Объект исследования – ФГУП «Красмашзавод».

Цели работы:

- оценка воздействия производства машиностроительной отрасли на окружающую природную среду;
- разработка природоохранных мероприятий по снижению вредных загрязняющих веществ, образующихся в промышленных сточных водах предприятия;
- расчет предлагаемого оборудования.

В результате выполнения бакалаврской работы был подробно рассмотрен технологический процесс производства машиностроительной отрасли, выявлены основные источники загрязнения от предприятия и их воздействие на организм человека, произведен расчет предлагаемого оборудования.

В заключении сформулированы выводы по выпускной квалификационной работе предложена схема очистки промышленных сбросов, предусматривающая механический и электрохимический методы, с заменой малоэффективного оборудования на оборудование, обеспечивающее более высокую степень очистки. Усовершенствование существующей, малоэффективной схемы удаления загрязняющих веществ, а также внедрение в технологическую схему нового метода очистки, а именно электрохимического (электрофлотация) с параллельной заменой старых гидроочистных аппаратов, позволяет

улучшить качественный состав сточных вод и повысить эффективность существующей очистки до 97%.

**АННОТАЦИЯ**  
**к выпускной квалификационной работе**  
**на тему: Разработка технологической схемы очистки сточных вод ФГУП**  
**«Красмашзавод»**

Бакалаврская работа выполнена на 89 страницах, включает 9 таблиц, 21 литературных источников.

Объектом исследования является предприятие ФГУП «Красмашзавод».

Целью исследования является модернизация технологической схемы очистки сточных вод ФГУП «Красмашзавод».

В бакалаврскую работу входит введение, четыре главы, итоговое заключение по работе.

Во введении раскрывается актуальность выпускной квалификационной работы по выбранному направлению, ставится проблема, цель и задачи.

В первой главе рассмотрены климатические особенности и характеристики района.

Во второй главе рассмотрены основные характеристики технологий производства, характеристики всех отходов, так же технологии защиты биосферы.

В третьей главе рассмотрены характеристики производств, сопровождающихся сбросом загрязнителей, характеристика и географическое расположение вод Енисея, обоснование технологической схемы очистки сточных вод, теоретические основы методов очистки, а так же расчеты предлагаемого оборудования для модернизации.

В четвертой главе представлена нормативно-правовая база.

В заключении сформулированы выводы по выпускной квалификационной работе.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Политехнический институт  
институт  
Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

С.В.Комонов

подпись      инициалы, фамилия

«    »    2016 г.

ЗАДАНИЕ  
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ  
в форме бакалаврской работы

Студенту: Елистратовой Яне Геннадьевне

Группа ФЭ 12-10Б Направление (специальность) 20.03.01 «Техносферная  
безопасность»

Тема выпускной квалификационной работы: «Разработка  
технологической схемы очистки сточных вод ФГУП «Красмашзавод»»

Утверждена приказом по университету: №5148/с от 14.04.2016 г.

Руководитель ВКР: И.В. Андруняк, канд.техн.наук

Исходные данные для ВКР: технологическая инструкция предприятия,  
нормативная, справочная и другая литература.

Перечень разделов ВКР: Характеристика природного территориального  
комплекса, технологическая характеристика производственного объекта,  
инженерная защита гидросферы, нормативно-правовое обоснование,  
заключение, список использованных источников.

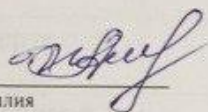


Перечень графического и иллюстративного материала с указанием основных чертежей, плакатов:

- Лист 1. План-схема предприятия;
- Лист 2. Предлагаемая схема очистки сточных вод;
- Лист 3. Качественно-количественная характеристика сточных вод;
- Лист 4. Горизонтальный электрофлотатор;
- Лист 5. Горизонтальный отстойник;

Руководитель ВКР

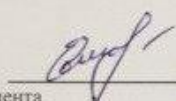
подпись, инициалы и фамилия



И.В. Андруняк

Задание принял к исполнению

подпись, инициалы и фамилия студента



Я.Г. Елистратова

«16» мая 2016г.



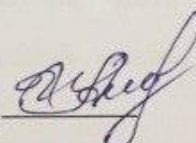
# КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК выполнения ВКР

Наименование и содержание этапа	Срок выполнения
Сбор и анализ исходной документации и литературы	16.05.2016 – 19.05.2016
Постановка основной задачи, освоение расчетных методик и программ	20.05.2016 – 23.05.2016
Выполнение расчетов, технико-экономических показателей, оформление результатов, составление выводов	24.05.2016 – 01.06.2016
Графическое оформление чертежей	02.06.2016 – 10.06.2016
Работа над нормативно-правовой базой, оформление расчетно-пояснительной записки	11.06.2016 – 16.06.2016
Оформление прочей документации	17.06.2016 – 20.06.2016

«16» июня 2016 г.

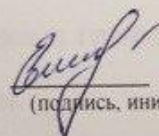
Руководитель ВКР

(подпись)



И.В.Андруняк

Задание принял к исполнению



(подпись, инициалы и фамилия студента)

Я.Г. Елистратова





## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	9
1 Характеристика природного территориального комплекса.....	12
1.1 Климатическая характеристика района расположения объекта...	12
1.2 Ветровая характеристика.....	13
1.3 Географическая характеристика.....	14
1.4 Особенности социальной инфраструктуры.....	15
1.5 Особенности промышленной инфраструктуры.....	15
1.6 Вид водопотребления и его источник.....	18
1.7 Элементы биосферы.....	20
2 Технологическая характеристика производственного объекта машиностроительной отрасли.....	23
2.1 Отраслевая принадлежность производственного объекта.....	23
2.2 Сырьевая база и ассортимент используемого сырья.....	25
2.3 Системы управления, структура и штаты природоохранных подразделений.....	27
2.4 Краткая характеристика основных технологий литейного производства.....	30
2.5 Номенклатура и качественно-количественная характеристика отходов всех видов.....	39
2.6 Применяемые технологии защиты биосферы.....	44
3 Инженерная защита гидросферы.....	47
3.1 Характеристика производств, сопровождающихся сбросом загрязнителей в жидкой фазе.....	47
3.2 Характеристика и свойства природных вод географического района и промышленного сброса.....	50
3.2.1 Географическое расположение реки Енисей.....	50
3.2.2 Качественный состав природных вод Енисея.....	52
3.2.3 Потребление природных вод и сброс сточных вод в реку	

Енисей.....	54
3.3 Выбор и обоснование технологической схемы очистки сточных вод.....	57
3.4 Теоретические основы выбранных методов очистки.....	67
3.5 Расчет оборудования.....	72
3.5.1 Расчет горизонтального отстойника.....	72
3.5.2 Расчет электрофлотатора.....	75
4 Нормативно-правовая база.....	78
Заключение.....	85
Список используемой литературы.....	87

## ВВЕДЕНИЕ

По мере ускорения темпов научно-технического прогресса воздействие на окружающую среду становится все более мощным. В настоящее время оно уже соизмеримо с действием природных факторов, что приводит к качественному изменению соотношения между обществом и природой.

Экологическая ситуация настоящего времени вызывает необходимость оценивать последствия любой деятельности, связанной с вмешательством в окружающую среду. При этом особое внимание уделяется районам, в которых расположены крупные промышленные комплексы, создающие угрозу нормальному функционированию экосистем обширных регионов и биосферы в целом.

Бакалаврская работа выполнена на базе предприятия машиностроительной отрасли. В состав завода входят металлургическое, механосборочное и вспомогательное производства. Из перечисленных производств наибольшее загрязнение наносит металлургическое.

На предприятии имеется металлургическая база по производству стали, чугуна, литых, поковок и штамповок. Основной продукцией металлургического производства являются: отливки углеродистые, легированные, высоколегированные. При получении продукции образуется значительное количество отходов различных видов: газообразных, твердых и жидких.

Данное предприятие является источником неорганизованных выбросов загрязняющих веществ и выбросов без очистки. Доминирующим источником промышленных выбросов является металлургическое производство. Технологические процессы сопровождаются выделением в атмосферу загрязняющих веществ, среди которых преобладают: пыль неорганическая, оксиды углерода, азота, серы, углеводорода и сернистый ангидрид.

Для удаления вредных веществ из производственных помещений установлены 321 вытяжные установки, из которых 80 оснащены

пылеулавливающими и пылегазоочистными аппаратами. Поскольку оборудование устарело, то часть существующих установок работает не в полном объеме. Это указывает на недостаточную очистку удаляемого воздуха.

Для очистки запыленного воздуха в металлургическом производстве используется рукавные фильтры типа ФРКИ и ФРКДИ для очистки газов, отходящих от электродуговых печей. Средняя эксплуатационная степень очистки составляет 73%. Пылеуловители ПВМ используются для очистки воздуха, удаляемого от пылящего оборудования участка формовки, от дробеструйной камеры термического цеха. Средняя эксплуатационная степень очистки составляет 54%.

В механосборочном производстве работа оборудования связана с выделением пыли, стружки, паров эмульсии и масла. Станки оборудованы местной вытяжной вентиляцией. Удаляемый воздух перед выбросом в атмосферу подвергается очистке в циклонах и пылеулавливающих агрегатах.

Твердые отходы металлургического производства предприятия-аналога содержат амортизационный лом (от разборки печей), стружки и опилки металлов, древесину, шлаки, горелую формовочную землю, пыли (отходы систем очистки воздуха и др). Из жидких отходов - осадки сточных вод после их обработки, а также шламы (отходы систем мокрой очистки газов).

На данном предприятии образуется большое количество загрязненных сточных вод, очистка которых представляет важную проблему.

Основными видами примесей образующихся сточных вод являются взвешенные вещества, нефтепродукты, хлориды, сульфаты, тяжелые металлы и др. Сточные воды всех производств завода, а также химически загрязненные стоки травильно - гальванического производства, прошедшие первоначальную очистку на станции нейтрализации, объединяются и поступают на общезаводские очистные сооружения. Предусмотрена очистка сточных вод механическим методом с отстаиванием в песколовках, в отстойниках и

доочисткой в фильтрах. Эффективность применяемого метода очистки крайне мала и составляет примерно 60-65%.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологической схемы очистки сточных вод, направленная на снижение вредных загрязняющих веществ, образующихся в промышленных сточных водах предприятия в результате его деятельности.

В соответствии с перечнем нормативных требований, предъявляемых к качеству сточной воды, существующая на предприятии технологическая схема очистки не удовлетворяет оптимальным условиям ее применения, так как не обеспечивается освобождение воды от загрязняющих веществ до нормативных значений. Учитывая качественные и количественные показатели загрязненных вод, образующихся в ходе производственных процессов, специальной частью бакалаврской работы предлагается схема очистки загрязненных сточных вод в несколько ступеней с применением механических и физико-химических методов очистки.

Первая ступень очистки – это удаление взвешенных веществ большой гидравлической крупности (крупной окалины, песка, известняка) в горизонтальном отстойнике.

На второй ступени очистки устанавливается аппарат для осаждения ионов тяжелых металлов.

Третья ступень очистки предназначена для удаления из сточной воды ионов металлов, а также взвешенных веществ и нефтепродуктов, находящихся в мелкодиспергированном состоянии с помощью электрофлотации.

Внедрение в технологическую схему электрохимических методов, а также замена старых гидроочистных аппаратов на новые, более перспективные, позволяет улучшить качественный состав сточных вод и повысить эффективность существующей очистки до 97%.



# **1 Характеристика природного территориального комплекса**

## **1.1 Климатическая характеристика района расположения объекта**

Климат района формируется под воздействием воздушных масс, приходящих с запада, севера и юга и характеризуется как резко континентальный.

Средняя многолетняя температура января от минус 17 до минус 22 °С, число дней в году со средней суточной температурой воздуха ниже минус 30°С до 20 °С.

Весной и осенью характер погоды неустойчивый. В эти периоды преобладает вторжение циклонов и с ними фронтов с запада и юга, которые приносят обложные осадки и пасмурную погоду.

Наиболее холодный месяц - январь, среднемесячная температура воздуха равна минус 18,3 °С, абсолютный минимум достигая минус 55 °С, число дней в году с температурой ниже 0 °С колеблется от 170 до 220.

Самый жаркий месяц - июль, среднемесячная величина температуры воздуха равна плюс 19,4 °С, абсолютный максимум составил плюс 40 °С, число дней в году с температурой выше плюс 15 °С колеблется от 30 до 45.

Средняя величина относительной влажности равна 69 %. Наибольшие величины относительной влажности наблюдаются зимой и меняются в пределах от 79 до 84 %. В летний период относительная влажность воздуха меняется в пределах от 44 до 60 %.

В различные годы по водности величины осадков могут меняться в пределах от 270 до 760 мм/год.

## 1.2 Ветровая характеристика

До высоты 800 - 1000 м преобладающими являются юго-западные и западные ветры, которые совпадают с господствующим направлением воздушных потоков над данной зоной в свободной атмосфере. Вероятность штилевой погоды составляет 40-50 %, а вместе со слабыми ветрами (до 5 м/с) около 85-90 %. Сильные ветра (более 15 м/с) не превышают 1 %. Повторяемость дней с инверсиями велика и составляет в январе-феврале 91-92%, в том числе приземные около 40-45% и приподнятые до высот 1000 метров 15-17%. Каждую зиму можно ожидать 1-2 случая с приземной инверсией продолжительностью до 6-8 суток, а до трех суток они возможны до 10 случаев в течение зимы.

Повторяемость ветров и их скоростей в зимний и летний периоды приводятся в таблице 1 .

Таблица 1 – Повторяемость ветров и их скорость

Месяц	Повторяемость направлений ветра, %								
	Средняя скорость ветра по направлениям, м/с								
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	штиль
Январь	$\frac{1}{0,6}$	$\frac{1}{0,4}$	$\frac{2}{0,8}$	$\frac{1}{0,5}$	$\frac{15}{6,2}$	$\frac{64}{5,3}$	$\frac{15}{3,6}$	$\frac{1}{0,9}$	35
Июль	$\frac{4}{2}$	$\frac{9}{2,2}$	$\frac{10}{2,2}$	$\frac{3}{1,4}$	$\frac{11}{2,8}$	$\frac{41}{3}$	$\frac{16}{2,4}$	$\frac{6}{2,3}$	24

Среднегодовая повторяемость направлений ветров, %:

С – 4,2

СВ – 7,2

В – 9,1

ЮВ – 2,3

Ю – 5

З – 28,6

ЮЗ – 35,1

СЗ–8,6

Господствующее направление ветра – ЮЗ. Скорость ветра – 9 м/с, повторяемость которого составляет – 5 %.

### **1.3 Географическая характеристика**

Рельеф местности промплощадки спокойный, в радиусе 2 км от источников выбросов нет изолированных препятствий, коэффициент рельефа местности в расчетах принимается равным 1,0 по данным Красноярского центра по мониторингу загрязнения окружающей среды. Коэффициент А, зависит от температурной стратификации атмосферы и определяющий условия вертикального и горизонтального рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе для условий города Красноярска равен 200.

## **1.4 Особенности социальной инфраструктуры**

Задачей социальной инфраструктуры является обеспечение работников промышленного предприятия жильем, детскими садами, объектами отдыха трудящихся (базами отдыха, местами на курортах и местах отдыха).

Предприятие машиностроительной отрасли располагает тремя базами отдыха: общей базой численностью до 60 мест; на курорте озера Шира (около 50 койкомест); спорткомплексом, в который входит стадион, бассейн, зал тяжелой атлетики.

Для поддержания здоровья работников на заводе существует профилакторий на 75 койкомест, оснащенный современным медицинским оборудованием.

Для оздоровления детей трудящихся имеется детский оздоровительный лагерь «Гренада» с размещением в одну смену 350 детей.

Молодым специалистам (одиноким и семейным парам) предоставляется общежитие.

Для детей младшего возраста существует детский сад с размещением до 250 детей. Также для обеспечения питания работников завода имеется комбинат питания.

На территории предприятия находится медицинская служба с размещением здравпунктов по цехам.

Все перечисленные структурные подразделения в полной мере обеспечивают восстановление здоровья, полноценный отдых и нормальное функционирование промышленного предприятия.

## **1.5 Особенности промышленной инфраструктуры**

В состав завода входят следующие производства:

- металлургическое;

- механосборочное;
- вспомогательное ;
- другие.

Металлургическое производство включает в себя:

- сталелитейный и сталеплавильный цеха;
- чугунолитейный цех;
- обрубной цех;
- кузнечно - прессовый цех;
- термический цех;
- цех специального литья;
- модельный цех.

*Сталелитейный и сталеплавильный цеха.*

Выплавка стали осуществляется в электродуговых печах, ёмкостью 3; 6 т.

Запылённый воздух, удаляемый местными отсосами от мест пересыпки, просеивания и размельчения наполнительных смесей, формовки и других рабочих мест, перед выбросом в атмосферу подвергается очистке в циклонах-промывателях, циклонах и установках ДП-10.

Разлив металла в земляные формы осуществляется в сталелитейном цехе. Для изготовления форм и стержней применяются песчано-глинистые и жидко-стекольные смеси. Выбивка форм производится на выбивных решётках.

Основные производственные вредности: пыль неорганическая, оксиды углерода, азота, серы.

*Чугунолитейный цех.*

Выплавка чугуна производится в тигельных печах типа ИЧТ.

Эффективность очистки составляет 75 %.

*Обрубной цех.*

Очистка литья производится в дробемётных машинах и камерах. Чистка осуществляется в дробеструйных барабанах мод 321 М. Чугунное литьё очищается в гидрокамере.



От дробемётных и дробеструйных камер очистка воздуха осуществляется в пылеулавливающих установках ДП-10. Для более эффективной очистки установки оснащены дробеотбойниками и фактически имеют двухступенчатую очистку.

Основные производственные вредности: пыль металлическая. Степень очистки составляет 74 %.

#### *Прессовый цех.*

В кузнечно-прессовом цехе изготавливаются штамповки и поковки. Производственный процесс состоит из отдельных технологических операций: резка и правка заготовок, нагрев металла под ковку и горячую штамповку в нагревательных печах до температуры 1100-1250 °С. Печи работают на мазуте. Основные производственные вредности: пыль, окислы углерода, азота, серы, аэрозоль масла. Эффективность очистки составляет 65 %.

#### *Термический цех.*

В термическом цехе производится термическая обработка деталей и металлоконструкций основного производства и кооперированных поставок. Основные производственные вредности: пыль, окислы углерода, пропан-бутан.

#### *Механосборочное производство.*

Холодная обработка металлов и их сплавов производится в механосборочных цехах на металлорежущих станках. Работа сопровождается выделением пыли и стружки, аэрозоли и эмульсии. Станки оборудованы местными отсосами.

Удаляемый воздух перед выбросом в атмосферу подвергается очистке в батарейных циклонах. Основные производственные вредности: ксилол, углеводороды. Эффективность очистки составляет 80 %.

#### *Вспомогательное производство.*

Котельная оснащена котлами:

- паровыми, типа: Б35/40, ТП 35/18 м производительностью 35 т/ч;
- водогрейными, типа: КВТК 100(2), производительностью 100 Гкал/ч.

На промкотельной используют уголь марки 2БР Ирша-Бородинского разреза и мазут марки 100 Ачинского завода.

Уголь и мазут жгут не одновременно. На площадке три резервуара мазутохранилища, объемом 1000 м<sup>3</sup> каждый.

*Гальваническое производство.*

Гальваника сосредоточена на участке, где производится обезжиривание, гальваническое покрытие деталей в ваннах кадмирования.

Улавливание вредных выделений осуществляется местными отсосами. Основными производственными вредностями являются: серная кислота, сернистый ангидрид. Эффективность очистки составляет 80 %.

*Автотранспорт.*

В автотранспортном цехе имеется около 140 машин, из них: 80 % - грузовые; 14,5 % - автобусов и 5,5 % - легковых машин. Основные производственные вредности: оксид углерода, углеводороды, окислы азота, бензин.

## **1.6 Вид водопотребления и его источник**

Источником промводоснабжения (с учетом расходов на пожаротушение и пополнение оборотной системы водоснабжения) является находящийся на территории ведомственной производственно-отопительной котельной (ВЭС), поверхностный водозабор ковшового типа из протоки «Ладейская» реки Енисей проектной производительностью 3400 м<sup>3</sup>/сут. Акватория реки перед ковшом и берег по обе стороны от ковша — в удовлетворительном состоянии.

Береговая насосная станция оснащена четырьмя насосами Д 630/90, посредством которых исходная речная вода подается через общий коллектор в фильтровальную станцию. На водоводах после каждого насоса установлены приборы учета забираемой технической воды:

- диафрагмы ДКС-10-250(1), 10-300(1), 10-200(2);
- дифманометры ДМ-3585(4);

- вторичные электронные приборы КСД-2(4).

Вода в литейном производстве используется для охлаждения отливок, тушения остатков выбивки вагранок, грануляции шлака, охлаждения плавильных агрегатов. Расход воды на охлаждение оборудования определяется по виду оборудования, его количеству и времени работы.

Расход воды на охлаждение индукционных печей составляет для печей емкостью 35-70 т = 100-150 м<sup>3</sup>/ч, для печей емкостью 90т = 150-200 м<sup>3</sup>/ч. Расход воды на тушение выбивки вагранки 0,5-1 м<sup>3</sup>, расход воды на бытовые нужды принимается на основании «Санитарных норм проектирования промышленных предприятий» СН 245-63 в следующих количествах:

- на хозяйственные нужды – 45 л на 1 чел/см;
- душевые – 500 л на 1 сетку/ч;
- умывальник – 200 л на 1 кран/ч;
- помывку полов цеха – 3 л на 1 м<sup>3</sup>/сут.

Общий расход воды складывается из расхода воды на технологические, и бытовые нужды, ведется на 1 т годного литья согласно таблице 2.

Таблица 2 – Расход воды на технологические нужды

Цех	Расход производственной воды на 1 т годного литья, м <sup>3</sup>	Характеристика плавильных агрегатов.
Литейные цеха ковкого чугуна	14-15	Дуплекс процесс вагранка + дуговая электрическая печь с охлаждением плавильного полиса вагранки
Сталелитейные цеха	13-14	Дуговые электрические печи
Литейные цеха алюминиевого литья	35-40	Индукционные печи промышленной частоты

Примечание 1. В таблице приведена общая потребность воды для технологических нужд без учета повторного ее применения после охлаждения и осветления.

Примечание 2. В таблице не учитывается расход воды для бытовых и сантехнических нужд.

## **1.7 Элементы биосферы, нарушаемые металлургическим производством**

Данное предприятие наносит вред окружающей среде.

Металлургическое производство данного предприятия занимает 1 место по объему загрязнений, выбрасываемых в окружающую среду.

Производство стали, и чугуна сопровождается образованием огромного количества металлургических шлаков, которые представляют собой силикатные системы с содержанием железа.

Производство 1 т стали сопровождается образованием около 0,4 т твердых отходов, не считая дымовых газов и загрязненных сточных вод. Твердые отходы содержат амортизационный лом (от разборки печей), шлаки, горелую формовочную землю, опилки древесные и металлические, пыли от очистных сооружений в системах очистки газовых выбросов. Жидкие отходы - шламы из систем очистки промстоков и мокрой очистки газов. Шламы термического, литейных и других цехов содержат токсичные соединения свинца, хрома, меди, цинка, а также цианиды и др.

Источниками пылегазовыделений в атмосферу в металлургическом производстве являются:

- в сталеплавильном – электродуговые печи, транспортерная лента;
- в сталелитейном – транспортерные ленты, выбивные решетки;
- в чугунолитейном – наждачные точила, смешивающие бегуны, выбивные решетки, сушильные печи, транспортерная лента, формовки;
- в обрубном – дробеметные машины, дробеструйные и пескоструйные камеры, термические и газовые печи, газорезка, плоскошлифовальный и шлифовальный заточные станки;
- в термическом – дробеметные камеры;
- в прессовом – нагревательные и термические печи;
- в модельном – заточные и деревообрабатывающие станки, печь плавления алюминия.

Воздушный бассейн также загрязняют источники неорганизованных выбросов данной отрасли (через аэрационные фонари зданий).

В результате не обеспечивается эффективная очистка промышленных выбросов металлургического производства, и предприятие продолжает являться одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха.

В результате использования воды в технологических процессах предприятия образуются сточные воды, содержащие взвешенные вещества, нефтепродукты, кислоты, щелочи, фенолы, цианиды, тяжелые металлы.

В металлургических цехах воду используют в основном для охлаждения печей. Примесями, образующимися в сточных водах, являются масла и взвешенные вещества.

В кузнечно-прессовом цехе основными примесями сточных вод, используемых для охлаждения технологического оборудования, поковок, гидросбива металлической окалины и обработки помещения, являются частицы пыли, окалины и масла.

На термических участках для приготовления технологических растворов, используемых при закалке, отпуске и отжиге деталей; а также для промывки деталей и ванн после сброса отработанных растворов и для обработки помещения используют воду. Основные примеси сточных вод - пыль минерального происхождения, металлическая окалина, тяжелые металлы, цианиды, масла и щелочи.

В механическом цехе вода используется для приготовления смазочно-охлаждающих жидкостей. Основными примесями сточных вод являются: пыль минерального происхождения, металлическая окалина, тяжелые металлы, масла и щелочи.

В гальваническом цехе вода используется для приготовления технологических растворов, применяемых, при травлении материалов и стали. Основные примеси – пыль, металлическая окалина, щелочи, кислоты, тяжелые металлы.



Существующая технология очистки сточных вод является малоэффективной, в результате чего предприятие продолжает являться источником загрязнения водного бассейна.

## 2.1 Отраслевая принадлежность производственного объекта

Предприятие расположено на трех промплощадках:

Площадка № 2 – ведомственная, производственно-отопительная котельная (ВЭС), расположена в северо-восточном направлении от площадки № 1. Свидетельство на право пользования землей № 202 от 11.09.1992г. ВЭС размещена вне территории предприятия и предназначена для обеспечения завода технологическим паром и горячей водой для нужд отопления.

Площадка № 3—золошлакоотвал котельной предприятия.

Наименование площадей	Площадка № 1	Площадка № 2	Площадка № 3
Площадь землепользования, м <sup>3</sup>	1097660	69440	66000
Площадь застройки, м <sup>3</sup>	658596 (60 %)	34720 (50 %)	
Площадь усовершенствованных покрытий, м <sup>3</sup>	219532 (20 %)	3472 (5 %)	
Площадь озеленения, м <sup>3</sup>	164649 (15 %)	6944 (10 %)	

По классификации СанПиН 2.2.1/2.1.1.567-96 ФГУП «Красмашзавод» (площадка № 1) относится к предприятиям машиностроительного профиля с наличием участков по переработке пластмасс и относится к III классу, что определяет нормативный размер СЗЗ - 300 м. В результате расчета приземных концентраций загрязняющих веществ можно сделать вывод, что размеры СЗЗ находятся в пределах требований.

Основное производство включает: (цеха 1, 10/2, 3, 7, 10, 11, 12, 14, 16, 17, 18, 26, 26/52, 23, 32/22, 32, 33/25, 33, 34, 35, 38, 39, 46/8, 46, 47, 51, 53, 59, 60, 98)

- металлургическое производство;
- окрасочные участки;
- гальванические участки;
- механические участки;
- сварочные участки.

Вспомогательное производство включает:

- служба главного энергетика (цеха 64, 65, 67);
- служба главного архитектора (цех 63);
- служба главного механика (цеха 61, 68);
- служба материально-технического снабжения и транспорта (цеха 80, 81, 86);
- комбинат питания (цех 79).

Режим работы предприятия:

Основное производство с 8<sup>00</sup> – 17<sup>00</sup> 251 день в год.

Объектом размещения отходов является собственный золошлакоотвал (площадка № 3).

Основные производственные показатели работы предприятия в силу специфики производственной деятельности носит закрытый, конфиденциальный характер.

На предприятии имеется, металлургическая база по производству стали, чугунного литья, поковок и штамповок.

Продукция металлургического производства: отливки углеродистые, легированные, высоколегированные и чугунные поковки разной массы.

Наименование продукции, выпускаемой предприятием, представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Продукция, выпускаемая предприятием

Наименование цеха	Наименование выпускаемой продукции
Сталеплавильный	Сталь в слитках: - углеродные - 35 ХМ - 40 Х - 40 ХН
Сталелитейный	Литье стальное, в т.ч.: - углеродистое - никельсодержащее - 35 ХМ общее машиностроение
Чугунолитейный	Литье чугунное Литье цветное в т.ч. алюминиевое
Обрубной	Литье (отливки) стальное - углеродистое
Кузнечнопрессовой	Поковки из черных металлов - углеродистые - 40 Х - 40 ХН Штамповки из черных металлов

## 2.2 Сырьевая база и ассортимент используемого сырья

Сталь является основным сплавом, используемым во всех областях современной техники для изготовления самых разнообразных конструкций, машин и их деталей. По химическому составу различают стали углеродистые и легированные. Если сталь имеет в своем составе железо, углерод и некоторое количество постоянных примесей - марганец (до 0,7 %), кремний (до 0,4 %), серу (до 0,06 %), фосфор (до 0,07 %) и газы, то такую сталь называют

углеродистой. Если в процессе выплавки углеродистой стали, к ней добавляют легирующие элементы — хром, никель, ванадий и др., а также кремний и марганец в повышенном количестве, то такую сталь называют легированной. По качеству имеются стали обыкновенного качества, качественные, высококачественные и особо высококачественные. При этом учитывается способ выплавки и содержание серы и фосфора.

Для образования шлака применяют известь, плавиковый шпат, шамотный бой. В качестве окислителей при электроплавке применяют железорудные окатыши, окалину.

Так как в цехе получают качественные и высококачественные легированные и высоко легированные сплавы, в качестве раскислителей и легирующих добавок используют ферросплавы (FeMn, FeSi, FeCr, FeMo) и чистые металлы (титан, никель, алюминий).

Для получения стальных отливок различных форм изготавливаются формы и стержни с использованием кварцевого песка, глины и жидкого стекла. Последнее приготавливают из каустической соды и силикатных глыб в автоклавах, куда подается пар под высоким давлением. Данные материалы поступают в цех готовыми из разных мест:

- кварцевый песок – Красноярский край, ж.д. «Плассечная»;
- глина – с. Большая Мурта;
- каустическая сода – Иркутская область, г. Усольск;
- силикатные глыбы – Кемеровская область.

## **2.3 Системы управления, структура и штаты природоохранных подразделений**

Отдел экологии и охраны труда является самостоятельным структурным подразделением предприятия и находится в непосредственном подчинении технического директора предприятия.

Отдел возглавляется заместителем технического директора по технике безопасности и надзору за окружающей средой — начальником отдела экологии и охраны труда, который назначается и освобождается от занимаемой должности генеральным директором предприятия по представлению технического директора предприятия.

Отдел экологии и охраны труда в своей работе руководствуется действующим законодательством, директивными, нормативными, инструктивными и методическими документами, действующими на предприятии (в том числе документами главного управления по надзору во взрывоопасных производствах, охране труда и экологии), указаниями генерального директора и технического директора предприятия.

Отдел экологии и охраны труда комплектуется из высококвалифицированных специалистов, обладающих экологическими знаниями и практическим опытом работы в области организации работ по технике безопасности и охране труда, а также природоохранных работ.

Задачами отдела экологии и охраны труда являются:

- организация и координация работы на предприятии по созданию здоровых и безопасных условий труда работающих, предупреждению производственного травматизма и профессиональных заболеваний.
- технический надзор и контроль за безопасной эксплуатацией объектов, поднадзорных Госгортехнадзору, газового хозяйства предприятия и радиационной безопасностью.
- контроль за созданием и совершенствованием экологически чистых, безопасных производств и технологий, а также координация деятельности подразделений предприятия по вопросам создания экологически чистых производств и технологий, охраны труда и техники безопасности.
- контроль за соблюдением законодательных и иных нормативных правовых актов, по "охране труда" экологии работниками предприятия.

- организация на предприятии работ по аттестации и сертификации рабочих мест по условиям труда.

- постоянное совершенствование форм и методов работы по созданию на предприятии здоровых и безопасных условий труда, предупреждению производственного травматизма и профессиональных заболеваний, охране окружающей природной среды на основе передового опыта и научных разработок в области охраны труда и экологии.

Структура природоохранных подразделений представлена на рисунке 2.



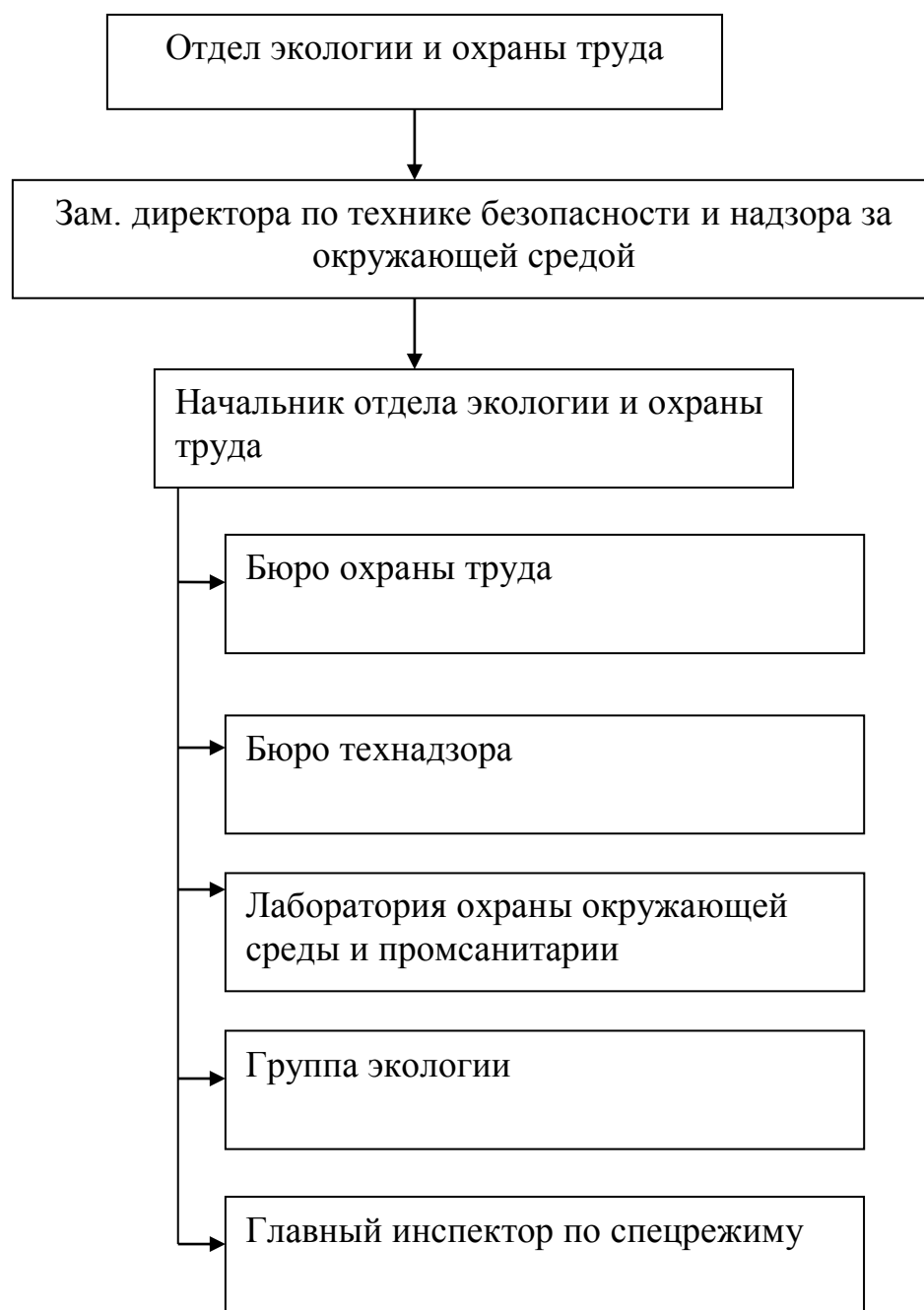


Рисунок 2 – Структура природоохранного подразделения

## **2.4 Краткая характеристика основных технологий литейного производства**

Литейное производство представлено на заводе следующими цехами: сталеплавильный цех, сталелитейный цех, со складом формовочных материалов, чугунолитейный цех, обрубной цех.

Сталеплавильный и сталелитейный цеха, со складом формовочных материалов специализирован на производстве слитков и стального литья.

В сталеплавильном цехе производство стали осуществляется в электродуговых печах емкостью 3 т, 6 т. (ДСП-3 с механическим приводом). Большая часть (60 %) получаемой электростали поступает на изготовление отливок в разовых песчаных формах. Остальная часть (40 %) идет на получение стальных слитков развесом от 1,3 до 14 т.

Технологическая схема получения таких отливок представлена на рисунке 3.

Для производства стали применяют дуговые трехфазные электрические печи с вертикальными графитированными электродами и непроводящим подом. Ток, нагревающий ванну в этих печах, проходит по цепи: электрод - дуга - шлак - металл - шлак - дуга - электрод.

Печь состоит из металлического кожуха цилиндрической формы и сферического дна (рисунок 4). В основных печах подину выкладывают из магнезитового кирпича, сверху которого наносят слой из магнезита (150 – 200 мм).

В цилиндрической части печи имеется рабочее окно и выпускное отверстие с желобом. Электрические печи имеют механизмы для наклона печи на 40-45° в сторону выпускного отверстия для слива металла и на 10-15° в сторону рабочего окна для скачивания шлака. Свод печи сферический, и через него опускают в печь три цилиндрических электрода. Рядом с печью помещены механизмы для подъема электродов и понижающий трансформатор, питающий печь электроэнергией.

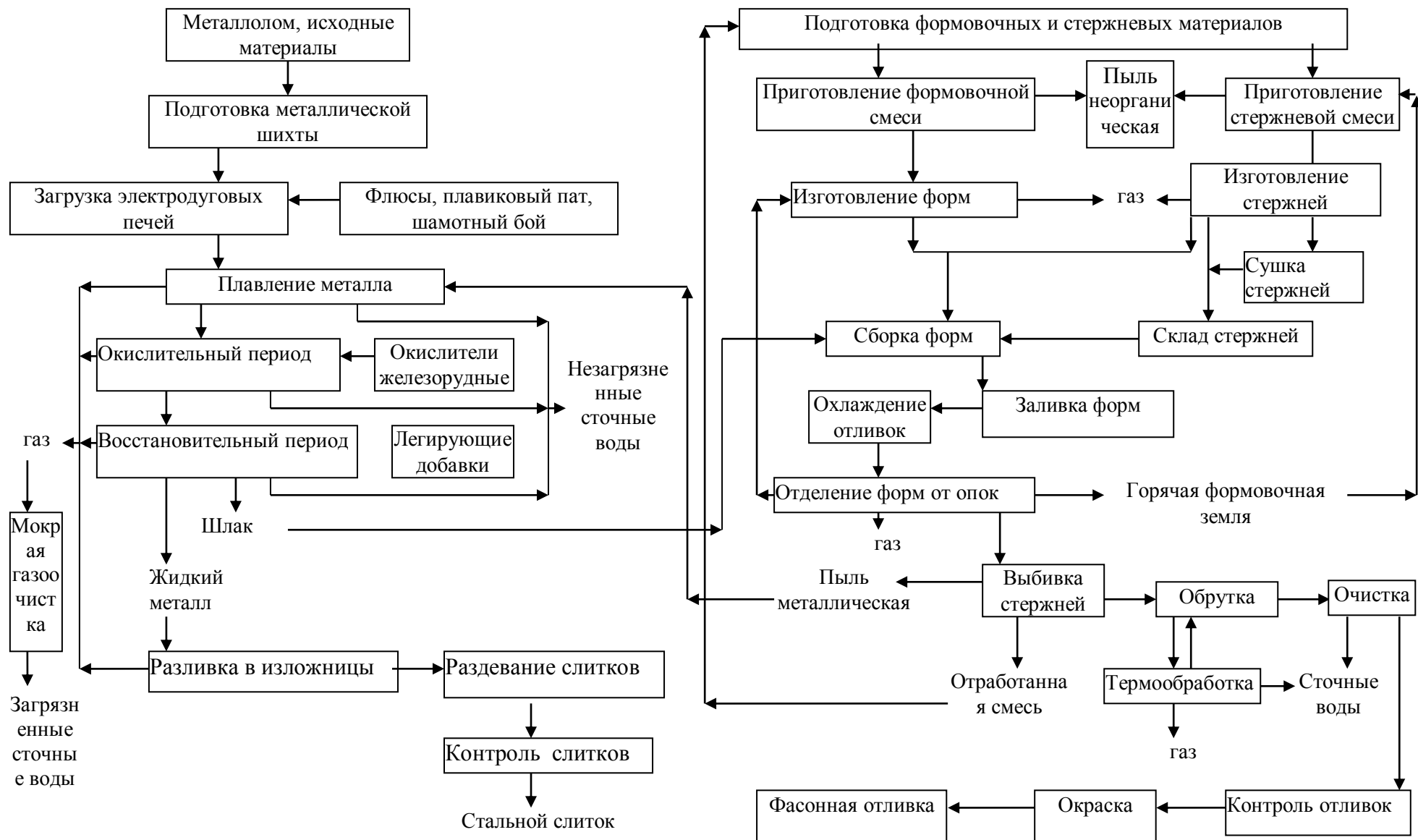


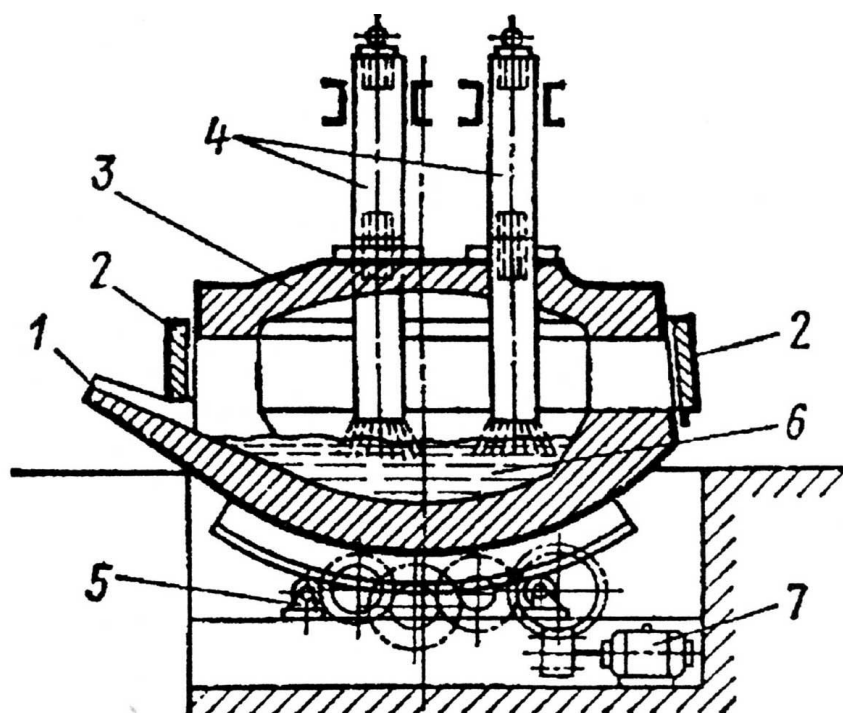
Рисунок 3 – Технологическая схема получения стального слитка и отливки в песчаной форме

Трансформатор печи имеет на низкой стороне несколько ступеней напряжения (3-12), переключая которые можно регулировать энергетическую нагрузку электродов.

Задача плавки - удалить из металла фосфор, газы (водород и азот), серу, кислород, неметаллические включения, получить сталь заданного состава.

Различают следующие периоды плавки в электродуговых печах.

1. Закалка.
2. Плавление.
3. Окислительный процесс.
4. Восстановительный процесс.
5. Выпуск стали в сталеразливочный ковш.



- 1 – выпускной желоб; 2 – дверка; 3 – свод; 4 – три электрода; 5 – опорные ролики;  
6 – металл; 7 – электродвигатель для наклона печи.

Рисунок 4 – Схема электродуговой печи:

Плавление ведут на высоких ступенях напряжения, чтобы быстрее создать в печи жидкую фазу. Во время плавления практически полностью окисляется кремний и около половины марганца, частично окисляются углерод и железо. В формировании шлака наряду с продуктами окисления ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{FeO}$ ) принимает участие окись кальция, содержащаяся в извести. После расплавления всей шихты отбирают пробу металла для анализа.

Окислительный период начинается с того, что из печи сливают 60-70 % шлака, образовавшегося в период плавления. Слив шлака производят для того, чтобы удалить из печи перешедший в шлак фосфор. Удалив шлак, в печь присаживают шлакообразующие: 1-1,5 % извести и при необходимости плавленый шпат или шамотный бой. После растворения шлакообразующих, формирования жидкоподвижного шлака и нагрева металла до температуры 1500-1540 °С в ванну начинают порциями вводить железорудные окатыши, окалину и известь, а печь для слива шлака наклоняют в сторону рабочего окна. В период окислительного процесса по мере повышения температуры происходит окисление углерода и удаление с окислительным шлаком большей части фосфора, преимущественно в виде фосфатов железа; растворенных в металле газов и неметаллических включений. Окислительный период заканчивается по возможности полным скачиванием окислительного шлака, чтобы содержащийся в нем фосфор не перешел обратно в металл в восстановительный период.

В восстановительный период плавки загружают в печь смеси извести, плавленого шпата  $\text{CaF}_2$ , шамотного боя для образования восстановительного шлака. Этот период нужен для раскисления, удаления серы (десульфуризация металла), регулирования состава металла и его температуры перед выпуском. Согласно составу заданной марки стали, в металл вводят раскислители. В качестве раскислителей и легирующих добавок используют ферросплавы ( $\text{FeMn}$ ,  $\text{FeSi}$ ,  $\text{FeCr}$ ,  $\text{FeMo}$ ) и чистые металлы (титан, никель, алюминий).

Температура металла в печи перед выпуском и разливкой должна быть 1600-1620 °С, а температура металла в ковше 1560-1580 °С. Затем следует разливка на кузнечные слитки или фасонное литье.

Отличительной особенностью выплавки стали в электрических печах, является активное раскисление шлака, что приводит к диффузионному раскислению металла, непрерывно отдающему растворенный в нем кислород в восстановительный шлак. Такой метод раскисления предотвращает загрязнение металла неметаллическими включениями, выделяющимися при раскислении ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  и др.).

Высокая температура, низкое содержание в шлаке закиси железа и высокое содержание извести в дуговой электропечи позволяет полнее вывести серу из металла в виде  $\text{CaS}$ . Продолжительность выплавки стали в дуговой печи составляет 6-8 ч и зависит от её мощности и конструкции, выплавляемой марки стали, а также характера исходного сырья.

При плавке в электропечах рекомендуется предварительный подогрев шихты перед загрузкой в печь - это позволяет снизить расход электроэнергии, повысить производительность печи, т.к. при  $t^\circ = 300-400^\circ\text{C}$  при этом обеспечивается удаление влаги и летучих органических веществ, чем исключается опасность выброса жидкого металла из печи при загрузке в нее шихты и выделение дыма.

Отходящие газы от электропечей проходят мокрую газоочистку в установке газоочистки, в результате чего образуются сточные воды, с содержанием большого количества шламов.

Получение стали в электродуговых печах, имеет неоспоримые преимущества, важнейшими из которых являются очень высокое качество получаемой стали, возможность выплавлять любые марки сталей, включая высоколегированные, тугоплавкие и жаропрочные. Плавка в электрических печах дает минимальный угар железа и, что особенно важно, минимальное окисление дорогостоящих легирующих присадок благодаря нейтральной

атмосфере в печи. Следует отметить удобство регулирования температурного режима и легкость обслуживания этих печей.

Недостатком выплавки стали в дуговых печах, является высокая энергоемкость процесса: на 1 т стали при твердой завалке расходуют от 600 до 950 кВт/ч электроэнергии. Поэтому дуговые электрические печи применяют главным образом для получения высоколегированных и других дорогих сортов стали, предназначенных для ответственных изделий.

В сталелитейном цехе технологический процесс производства отливок состоит из следующих операций:

- изготовление моделей и стержневых ящиков;
- изготовление литейных форм по моделям;
- изготовление стержней;
- расплавление металла и заливка форм жидким металлом;
- извлечение отливок из форм.

В обрубном цехе производится обрубка и очистка отливок. Очистка литья осуществляется в дробеметных машинах и камерах, дробеструйных барабанах. В обрубном цехе образуются сточные воды, загрязненные взвешенными веществами.

В термический цех отливки направляются для термической обработки при необходимости по техническим условиям. На термических участках после приготовления технологических растворов при закалке, отпуске и обжиге деталей, а также после промывки деталей и ванн, после сброса отработанных растворов образуются загрязненные промстоки с содержанием взвешенных веществ, тяжелых металлов, масел и щелочей.

Литейные формы изготавливаются с применением деревянных моделей, размеры и очертания которых соответствуют получаемым отливкам. Однако размеры моделей должны быть несколько больше размеров отливок, так как при остывании происходит усадка металла.

Модели изготавливаются так, чтобы их можно было извлечь из формовочной смеси, не разрушая формы. Для этого модели со сложными

очертаниями делают разъемными и вновь легко соединяемыми с помощью шипов.

Чтобы предохранить деревянные модели от сырости, их окрашивают. На предприятии-аналоге применяются машинная и ручная формовки. Для изготовления форм и стержней применяют песчано-глинистые и жидко-стекольные смеси.

При изготовлении песчано-глинистых форм обеспечиваются следующие требования, предъявляемые к формовочным смесям и их свойствам:

- прочность формы, чтобы тяжелая струя жидкого металла не разрушила её при заливке, и в тоже время достаточная пластичность;
- газопроницаемость материала формы, чтобы газы, выходящие из металла при остывании, не оставались в отливке и не скапливались между отливкой и формой;
- огнеупорность формовочной смеси, отсутствие веществ легко расплавляемых и способных сплавляться с металлом, что вызывает порчу поверхности отливок.

Сплошные отливки без полостей получают заливкой жидкого металла в ручную полость формы, в которой нет стержня. Для получения пустотелой отливки в рабочую полость формы помещают стержень, препятствующий сплошному её заполнению жидким металлом. В том же месте, где находится стержень, в отливке образуется полость, соответствующая размерам и очертаниям стержня.

Изготавливают стержни с помощью стержневых ящиков ручным и машинным способами. Изготовленные стержни сушат углекислым газом.

Применение формовочных машин для изготовления литейных форм позволяет резко увеличивать производительность труда, повысить качество отливок, снизить себестоимость литья, а также механизировать и автоматизировать процесс изготовления литейных форм. Формовочные машины выполняют операции уплотнения смеси и удаления модели из литейной формы.



Готовые литейные формы заполняют подготовленным для заливки жидким металлом. Для расплавления металлов в литейном производстве служат дуговые электропечи. После расплавления, доводки по химическому составу и перегрева расплав из печей сливают в разливочные ковши и транспортируют с помощью электромостовых кранов на участок заливки форм. Заполнение форм представляет собой сложный процесс. Большое значение при заливке имеет температура заливаемого металла, продолжительность заливки, размеры отливок, литейные свойства металла, очертания формы, материал, из которого изготовлена форма. Расплав, залитый в форму, отдавая теплоту последней, охлаждается и затвердевает.

После охлаждения отливок формы разрушают (выбивают) и отливки извлекают из них. Выбивку форм выполняют на выбивных решетках только после остывания отливок до определенной температуры, так как при высоких температурах сплавы недостаточно прочны и отливка может разрушиться.

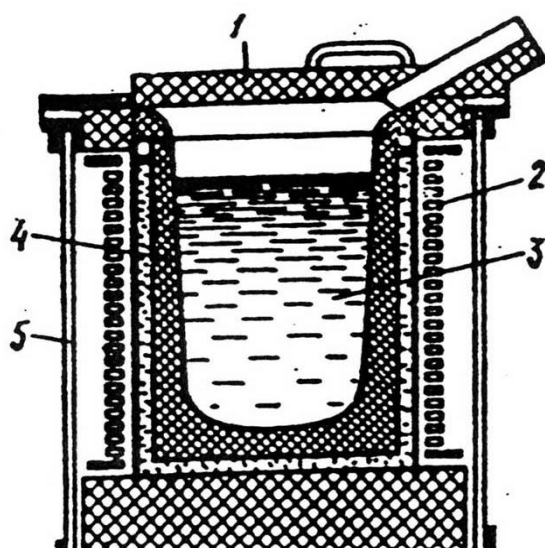
Отливки имеют литники, образующиеся в отверстиях, через которые металл заливали в форму, прибыли, также поверхность отливок может быть загрязнена пригоревшей формовочной смесью. Выбивку стержней выполняют пневматическими молотками, а очистку отливок - на дробеструйных и дробеметных установках.

После этого отливки поступают в отдел технического контроля (ОТК). Здесь контролируют отливки: проверяют их размеры и герметичность, наличие внутренних и внешних дефектов (усадочных раковин, трещин и др.), механические свойства и структуру металла.

Для получения требуемых структуры и механических свойств, снижения внутренних напряжений отливки подвергают термической обработке - нагреву и охлаждению по строго заданным режимам (по времени и температуре) в термических печах. После этого отливки вновь подвергают очистке и контролю.

В чугунно-литейном цехе производство чугуна осуществляется в индукционных тигельных печах ИЧТ, схема, которой приведена на рисунке 5.

При плавке чугуна в индукционных печах резко снижается содержание серы в расплаве. Существенно улучшаются санитарно-гигиенические условия труда, так как обслуживающий персонал не подвергается вредным воздействиям тепла, пыли, шума, газов от сжигания топлива. Последний фактор особенно важен в черте города и населенных пунктах, так как при работе индукционных печей воздушный бассейн засоряется во много раз меньше, чем при ваграночном процессе, при котором требуются громоздкие, дорогостоящие средства очистки. Кроме того, снижается удельный расход огнеупорных материалов.



1 – крышка-свод; 2 – водоохлаждающий индуктор; 3 – шихта; 4 – тигель;  
5 – корпус.

Рисунок 5 – Схема индукционной печи:

При плавке чугуна в индукционных печах резко снижается содержание серы в расплаве. Существенно улучшаются санитарно-гигиенические условия труда, так как обслуживающий персонал не подвергается вредным воздействиям тепла, пыли, шума, газов от сжигания топлива. Последний фактор особенно важен в черте города и населенных пунктах, так как при работе индукционных печей воздушный бассейн засоряется во много раз меньше, чем

при ваграночном процессе, при котором требуются громоздкие, дорогостоящие средства очистки. Кроме того, снижается удельный расход огнеупорных материалов.

Индукционные печи гибки в работе, обеспечивают отбор металла большими порциями или непрерывно в зависимости от условий производства при высокой стабильности состава жидкого чугуна.

При плавке в ИЧТ садка шихты в огнеупорном тигле помещается в индуктор; протекающий в индукторе переменный ток возбуждает в садке вихревые токи, разогревающие и плавящие металл.

Индукционные тигельные печи для плавки чугуна имеют закрытую конструкцию, то есть магнитный поток в них с внешней стороны индуктора проходит по радиально расположенным пакетам трансформаторной стали. Такая конструкция создает большую жесткость и компактность печи, повышает коэффициент полезного действия и использования печи. Печи для плавки чугуна работают, как правило, на токе промышленной частоты (50 Гц). С целью повышения удельной мощности и ускорения процесса плавки печи снабжаются генератором, дающим повышенную до 500 Гц частоту тока. Благодаря этому удельная мощность печи с 250 кВт/т повышается до 800 кВт/т.

## **2.5 Номенклатура и качественно-количественная характеристика отходов всех видов**

Металлургическое производство относится к числу производств, связанных с большим объемом отходов, загрязняющих окружающую среду. К ним относят: твердые, жидкие и газообразные отходы. Наиболее значительными являются твердые отходы. Это металлургические шлаки, образующиеся при плавке металла в электродуговых печах. Также при разборке печей образуется магнезитный и шамотный лом. Шамотный лом полностью

используется для получения огнеупорных масс, а магнезитный вывозится на золошлакоотвал.

Горелая формовочная земля (отходы от использованных литейных форм), которая вывозится на полигон промышленных отходов. По химическому составу земля соответствует определенным требованиям. Смесь не содержит тяжелых металлов и летучих веществ, она относится к материалам, не представляющим опасность для здоровья человека при использовании в качестве сырья для производства строительных материалов.

Хранение земли осуществляется на специально оборудованных площадках с твердым покрытием и с навесками для защиты от атмосферных осадков.

Отходы земли относятся к веществам 4 класса опасности и используются на полигонах в качестве изолирующего материала.

К твердым отходам также относится пыль неорганическая, образующаяся в системах воздуха.

Газообразными отходами металлургического производства являются выбросы сернистого ангидрида, оксида углерода, оксидов азота, углеводородов.

Из жидких отходов - шлам станции нейтрализации после очистки химически загрязненных стоков.

Класс опасности, состав и физико-химическая характеристика отходов и их количества приведены в таблице 5.

Качественно-количественная характеристика основных газообразных отходов приведена в таблице 6.

Таблица 5 – Классификация отходов

Наименование отхода	Технологический процесс, где образуются отходы	Класс опасности отхода: содержание хим. элементов соединений отхода, %	Физико-химическая характеристика отходов
1. Горячая формовочная земля	Сталелитейный цех	Состав: $\text{SiO}_2$ – 92,14 $\text{Al}_2\text{O}_3$ – 1,63 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ – 0,63 $\text{FeO}$ – 0,43 $\text{CaO}$ – 0,65 $\text{MgO}$ – 0,56 $\text{Na}_2\text{O}$ – 2,29 $\text{K}_2\text{O}$ – 0,18 $\text{SO}_3$ – 0,58	Песок с небольшим количеством сплавленных кусков, неопасный, не растворим в воде.
2. Шлаки металлургические	Сталеплавильный цех	Состав: $\text{SiO}_2$ – 10,38 $\text{Al}_2\text{O}_3$ – 20,51 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ – 23,57 $\text{CaO}$ – 27,15 $\text{MgO}$ – 9,46 $\text{TiO}_2$ – 1,11 $\text{Na}_2\text{O}$ – 0,39 $\text{K}_2\text{O}$ – 0,12 $\text{SO}_3$ – 1,96 $\text{MnO}_2$ – 3,26 $\text{Fe}_{\text{общ}}$ – 1,9 $\text{Fe}^\circ$ – 1,11	Твердые, неопасные, не растворимы в воде

3. Шлаки металлургические	Чугонолитейный цех	Состав: SiO <sub>2</sub> – 11,42; Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – 11,78 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – 11,78; FeO – 4,8 CaO – 31,27; MgO – 12,8 TiO <sub>2</sub> – 0,67; Na <sub>2</sub> O – 0,07 K <sub>2</sub> O – 0,1; SO <sub>3</sub> – 1,2 MnO <sub>2</sub> – 4,14; Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -0,87 Feобщ – 1,14; Fe° – 0,66	Твердый, крупнокусковой, нерастворим в воде
4. Лом шамотный	Разборка печей	Fe - 100	Твердый, крупнокусковой, непожаровзрывоопасный, нерастворим в воде

## Окончание таблицы 5

Наименование отхода	Технологический процесс, где образуются отходы	Класс опасности отхода: содержание хим. элементов соединений отхода, %	Физико-химическая характеристика отходов
5. Лом магnezитный	Разборка печей	Cu, бронза, Ti, Pb, Al	Твердый, крупнокусковой, непожаровзрывоопасный, нерастворим в воде
6. Зола промкотельная	Выработка перегрева пара	Состав: SO <sub>2</sub> – 6,6 SiO <sub>2</sub> – 25 CaO – 35	Твердая, порошкообразная, невзрывоопасная, нерастворим в воде
7. Масло индустриальное	Обслуживание станочного парка	Состав: Углеводороды – 80	Жидкое, вязкое, пожаровзрывоопасное
8. Масло трансформаторное, автомобильное	Обслуживание станочного парка	Состав: Углеводороды – 80	Жидкое, вязкое, пожаровзрывоопасное
9. Смеси нефтепродуктов	Обслуживание станочного парка		Жидкое, вязкое, пожаровзрывоопасное
10. Опилки древесные	Модельное производство		Кусковые отходы дерева, пожароопасные
11. Пыль неорганическая	Металлургическое производство	Состав: SiO <sub>2</sub> – 0,07; Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – 0,05 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – 0,57; Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – 0,1 CaO – 0,07 MgO – 0,06 Шлам хромосодержащий – 0,06	Твердая, непожароопасная, нерастворима в воде
12. Шлаки станции нейтрализации	Очистка химически загрязненных стоков	Состав: нефтепродукты – 20 Fe – 15; Cr <sup>6+</sup> – 22	Пастообразная масса, малорастворимая в воде, непожароопасная.

		$\text{Cr}^{3+}$ - 21; $\text{Na}_2\text{O}$ - 2 $\text{MnO}$ - 1; Цианиды - 0,75 $\text{SO}_3$ - 25	
--	--	--	--



Таблица 6 – Качественно-количественная характеристика основных газообразных ОТХОДОВ

Наименование вредного вещества	Фактический выброс, т/год	ПДВ, т/год	Класс опасности
Гидроокись Na	0,12	1,036	3
Азотная кислота	0,156	0,4	2
Оксид Fe	0,402	0,326	3
Пыль абразивная (белый корунд)	0,009	0,0068	2
Mn и его соединения			
Cr <sup>+6</sup>	0,014	0,01	2
Пыль неорганическая (SiO <sub>2</sub> = 70-20 %)	0,09	0,063	1
	0,35	0,3	3
Оксид Al			
NO <sub>2</sub>	0,01	0,421	2
Ацетон	0,826	0,185	2
Фенол	0,35	0,272	4
Сернистый ангидрид	2,31·10 <sup>-5</sup>	0,01	2
Оксид углерода	46,232	0,5	3
Углеводороды	35,667	5,5	4
Оксид этилена	0,000013	0,1	4
Сажа	9–10 <sup>-6</sup>	3·10 <sup>-6</sup>	3
Уайт-спирит	0,398	0,15	3
Ксилол	0,0016	0,0025	2
Бензин	0,456	0,2	3
	0,3906	0,2899	4

## 2.6 Применяемые технологии защиты биосферы

Для защиты атмосферы от промышленных выбросов на предприятии предусмотрены установки для улавливания пыли.

По способу очистки эти пылеуловители разделяются на пылеуловители сухого и мокрого типа.

К сухим пылеуловителям относятся аппараты, где предусмотрены гравитационные методы, групповые циклоны, вихревые и динамические пылеуловители. Из сухих пылеуловителей на предприятии применяются циклоны БЦУ-150, установки вентилятора - пылеуловителя ДП.

Перечисленные аппараты отличаются простотой изготовления и эксплуатацией, поэтому широко применяются.

Аппараты мокрой очистки имеют широкое распространение, так как характеризуются высокой эффективностью очистки от мелкодисперсной пыли. А так же возможностью очистки от пыли нагретых и взрывоопасных газов. Из мокрых пылеуловителей применяются циклоны - промыватели, пылеуловители типа ПВМ и трубы Вентури.

Циклоны марки БЦУ-150 установлены в сталеплавильном и чугунолитейном цехах для очистки воздуха, удаляемого от выбивных решеток, ленточных конвейеров, в модульном, редукторном цехах - для очистки воздуха, удаляемого от заточных станков.

Средняя эксплуатационная степень очистки циклонов БЦУ-150 составляет 63 %.

Установки вентилятора-пылеуловителя ДП использованы в чугунолитейном цехе для очистки воздуха, удаляемого от существующих бегунов; в обрубном цехе – для очистки воздуха, удаляемого от дробеметных и дробеструйных машин. Эффективность очистки составляет 68 %.

Циклоны-промыватели установлены в сталелитейном цехе, для очистки воздуха, удаляемого от бегунов, транспортных лент.

Средняя эксплуатационная степень очистки составляет 75 %.

Пылеуловители ПВМ установлены в сталелитейном цехе для очистки в воздухе, удаляемого от пылящего оборудования участка формовки; в термическом цехе для очистки воздуха, удаляемого от дробеструйной камеры.

Средняя эксплуатационная степень очистки составляет 55 %.

Трубы Вентури установлены в чугунолитейном цехе для очистки воздуха, удаляемого от индукционных печей.

Степень очистки составляет 86 %.

Оборудование, применяемое для очистки отходящих газов, фактически изношено и практическая степень очистки очень низкая (в среднем 69,4 %). Отсутствует необходимое их количество в системах технологической и местной вытяжной вентиляции от технологического оборудования. Это приводит к значительному загрязнению производственных помещений и воздушного бассейна.

При получении продукции на предприятии образуется значительное количество твердых отходов.

В связи с отсутствием технологии и мощностей по переработке твердых отходов, таких как: горелая формовочная земля, шлаки металлургические, зола промкотельной и др., производится их размещение в золошлакоотвале.

Основной проблемой очистки на предприятии является сточные воды.

Сточные воды предприятия содержат взвешенные вещества, нефтепродукты, кислоты, щелочи, соли тяжелых металлов и др. На существующем предприятии в ряде цехов в целях защиты водоемов от вредного воздействия содержащихся в сточных водах примесей осуществляется применение оборотного цикла водоснабжения, существенно уменьшающего количество сбрасываемой воды. В оборотном цикле отсутствует очистное оборудование, поэтому очистка циркулирующей воды не обеспечивается.

Вода на предприятии используется в технологических процессах для промывки технологического оборудования, влажной газоочистки и содержит мелкодисперсную минеральную пыль, песок, частицы шлака, окалину и др.

Сточные воды всех производств завода объединяются и поступают на очистные сооружения. Предусмотрена очистка сточных вод механическим методом с отстаиванием в песколовках, нефтеловушках, в отстойниках и доочисткой в фильтрах.

Эффективность очистки составляет 60–65 %.

Очистка сточных вод, применяемая на предприятии в настоящее время, не является достаточной.

## **3 Инженерная защита гидросферы**

### **3.1 Характеристика производств, сопровождающихся сбросом загрязнителей в жидкой фазе**

Предприятие машиностроительной отрасли является потребителем воды с целью обеспечения производственных, хозяйственно-бытовых нужд завода.

В результате использования воды в технологических процессах предприятия образуются загрязненные сточные воды.

Основными видами примесей сточных вод являются взвешенные вещества, нефтепродукты и тяжелые металлы.

Данное предприятие представлено следующими производствами, сопровождающимися сбросом загрязнителей в жидкой фазе. Литейное производство, в состав которого входят сталеплавильный, сталелитейный цеха. Электросталеплавильный цех специализируется на выплавке высококачественных марок сталей различного назначения: конструкционных, специальных, нержавеющей. В составе цеха имеются дуговые сталеплавильные печи. Схема водоснабжения прямоточная. Печи имеют водоохлаждаемые элементы: свод, экономайзеры, арки завалочного окна и выпускного отверстия, заслонку, печной трансформатор. Вода после охлаждения конструкции печей сбрасывается в промливневую канализацию.

Вода в сталелитейном цехе используется на охлаждение деталей, конструкций, обмывку производственных помещений и оборудования. В сталелитейном цехе находится склад формовочных материалов, где вода на производственные нужды также используется на охлаждение оборудования (сварочное оборудование). Основными примесями сточных вод сталелитейного цеха являются взвешенные вещества и масла.

При производстве металлов вода может быть:

1. теплоносителем, когда охлаждаемый продукт находится через стенку, не прикасаясь с ним или защищая детали от разрушения (прогара), вода только нагревается, но не загрязняется;

2. средой, транспортирующей и поглощающей механические и растворимые примеси (при мойке, очистке сырья или продукта). При этом вода загрязняется механическими или растворенными примесями.

Водоснабжение ряда цехов завода состоит из замкнутых оборотных циклов по следующим схемам:

1. Вода только нагревается, но не загрязняется. В этом случае воду подвергают только охлаждению на градирне. Это чистый оборотный цикл.

2. Вода нагревается и загрязняется. В этом случае оборотную воду подвергают очистке от полученных загрязнений и охлаждению, после чего вновь подают на то же производство. Это грязный оборотный цикл.

Отработанная вода чистого оборотного цикла по трубопроводам отводится в приемную камеру, из которой группой насосов подается на градирню для охлаждения до 20°C. Охлажденная вода с градирни поступает по самотечному трубопроводу в приемную камеру и далее к потребителю. Подпитывается чистый оборотный цикл пожарохозяйственной водой.

Вода грязного оборотного цикла по трубопроводам подается в прокатный участок на прокатный стан для охлаждения валков для гидравлического смыва окалины. Вода, загрязненная окалиной, по самотечному трубопроводу поступает в приемные камеры. Перед выходом в камеру проходит через отстойник, где осаждаются крупные частицы окалины.

Вода обмывочного оборотного цикла из резервуара обмывочной воды подается по трубопроводам в цех по участкам для обмывки производственных помещений и оборудования.

Чистый оборотный цикл используется в сталеплавильном цехе, куда вода поступает на охлаждение электропечей.

В кузнечно - прессовом цехе основными примесями сточных вод, используемых для охлаждения технологического оборудования, поковок,

металлической окалины и обработки помещения, являются частицы пыли, окалины и масла. Причем, на участке охлаждения индукторов происходит чистый оборотный цикл с охлаждением воды на градирне и грязный оборотный цикл для обмывки ковочно - штамповочного оборудования.

Грязный оборотный цикл также используется в обрубном цехе. Загрязненные сточные воды этого цеха образуются в результате слива от закалочных баков, а также от использования воды на охлаждение пескоструйных аппаратов. Основными примесями сточных вод являются частицы пыли, окалины, песок, масла.

В механических цехах вода используется для приготовления смазочно-охлаждающих жидкостей, промывки окрашиваемых изделий, для гидравлических испытаний и обработки помещения, а также для охлаждения оборудования (охлаждение сварочных аппаратов, выпрямительных установок). Основными примесями сточных вод являются пыль, металлические и абразивные частицы, масла, растворители, краски.

В термическом цехе основной расход воды составляет вода, идущая на охлаждение оборудования и закалку деталей, а также вода используется для приготовления технологических растворов, используемых при закалке, отпуске и отжиге деталей, для промывки деталей и ванн после сброса отработанных растворов и для обработки помещений. Основные примеси сточных вод - пыль минерального происхождения, металлическая окалина, тяжелые металлы, масла, щелочи.

В чугунолитейном цехе вода на производственные нужды используется для приготовления формовочных смесей, краски, для промывки, очистки бегунов, краскоприготовительных установок, для грануляции шлака. Основные загрязнители жидкой фазы - взвешенные вещества, нефтепродукты, пыль металлическая.

В гальваническом цехе вода используется для приготовления технологических растворов, применяемых при травлении материалов и стали, для промывки деталей и ванн после сброса отработанных растворов. В

результате в данном производстве образуются химически загрязненные стоки с различными примесями.

Перечень выявленных загрязнений, их количественная характеристика представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Качественно - количественная характеристика сточных вод

Наименование загрязняющего вещества	Фактический сброс, т/год	Фактическая концентрация вредных веществ, мг/л	Концентрация загрязняющих веществ в сточных водах (предприятие-аналог), мг/л		ПДК, мг/л	ПДС, мг/л	Эффективность очистки (по проекту), %	Концентрация загрязняющих веществ после очистки (проектный вариант), мг/л
			до очистки	после очистки				
Взвешенные вещества	120	305	305	137	6,250	20	97	6,2
Нефтепродукты	0,2	106,0	106	2,6	0,050	10	97	1,3
Сульфаты	56	87,0	87	37,2	14	34,60	97	0,87
Хлориды	36	85,400	52	15,6	9,71	12,00	97	0,52
Цинк	0,02	1,124	0,29	0,12	0,016	0,04	97	0,003
Медь	0,006	0,112	0,16	0,083	0,006	0,02	97	0,002
Железо	0,44	0,872	18	7,32	0,100	2,05	97	0,18
Хром	0,02	0,13	0,13	0,011	0,04	0,08	97	0,0037
Никель	0,14	0,240	0,25	0,098	0,012	0,03	97	0,002

## 3.2 Характеристика и свойства природных вод географического района и промышленного сброса

Рассматриваемое предприятие является источником промышленного сброса сточных вод в реку Енисей, расположенную в одном географическом районе с данным предприятием.



### 3.2.1 Географическое расположение реки Енисей

Енисей – основная водная артерия края. Река пересекает его территорию в меридиональном направлении. По запасам воды Енисей занимает первое место в России и восьмое в мире (площадь бассейна составляет ~ 2600 тыс.км<sup>2</sup>). Образуется Енисей при слиянии Большого Енисея (Бий-Хем) и Малого Енисея (Каа-Хем), в государстве Тува в районе города Кызыл. Впадает в Енисейский залив Карского моря. Длина Енисея от истока Большого Енисея 4092 км. Енисей принимает около 20 тыс. притоков.

От Тувы, ниже устья реки Хемчик, располагается водохранилище Саяно-Шушенской ГЭС, плотина которой сооружена при выходе Енисея в Минусинскую котловину. Водоохранилище имеет площадь 633 км<sup>2</sup>, с объемом 31,34 км<sup>3</sup>, далее - река пересекает отрог Восточного Саяна и переходит в горный коридор, который тянется до Красноярска.

В начале среднего течения Енисей перегорожен плотиной Красноярской ГЭС. Водоохранилище — Красноярское море в длину около 2100 км, средняя глубина- 36 м с объемом воды свыше 73 км<sup>3</sup>.

Ниже Красноярской ГЭС до устья Ангары Енисей течет со средней скоростью 0,69 м/с, вдоль Енисейского кряжа, средняя глубина реки-10 м. После кряжа уже протекает Нижний Енисей, который до устья Нижней Тунгуски, имеет широкую долину 10-20 км. Ширина русла 2-5 км. В районе Игарки ширина реки достигает 20-40 км. Выше устья Малой Хеты начинается Енисейский залив длиной 300 км, шириной у входа 150 км и глубиной 6-20 м. Около Бреховских островов река разделяется на четыре рукава: Каменный, Малый, Большой, и Охотский Енисей.

Крупнейшими притоками Енисея являются - Ангара, Подкаменная Тунгуска и Нижняя Тунгуска, несущие трансграничные загрязнения из Иркутской области.

Питание Енисея осуществляется в основном за счет талых снеговых вод, на которые приходится свыше 50 % годового стока. Дождевое питание составляет около 40 %, подземное питание около 10 %.

### **3.2.2 Качественный состав природных вод Енисея**

Государственными органами проводятся периодические исследования природоохранных водных объектов, цель которых заключается в получении достоверной информации о качестве вод реки Енисей - их питьевой и рыбохозяйственной принадлежности. В процессе исследования изучаются более 4000 проб воды, в которых проводятся более 30000 измерений. Перечень контролируемых показателей включает 89 наименований, из которых 17 относится к группе общих и физико-химических показателей, 64 - к группе химических показателей, 8 - к группе биологических.

В водах наблюдается значительное содержание твердых взвесей, коллоидных веществ и примесей биологического характера (микроорганизмов, водорослей и фитопланктона). Поскольку вода растворяет многие газы, в ней содержатся кислород, азот, диоксид углерода. Присутствие в воде кислорода обеспечивает жизнедеятельность ее флоры и фауны.

В группу общих показателей, характеризующих качество природной воды, входят: запах, мутность, цветность, БПК, ХГЖ, окисляемость, растворенный кислород, активный хлор и фитопланктон.

В водах Енисея содержание солей по суммарному составу и по соотношению в них главных групп весьма разнообразно. В 1 литре содержится ~ 1 г солей, в том числе: хлоридов – 7 %, сульфатов – 73 %, карбонатов – 20 %.

Содержание растворенного кислорода в воде определяется ее температурой и реакциями, протекающими в водной среде: фотосинтеза (за счет него концентрация кислорода увеличивается) и окисления органических соединений – химического и микробиологического (уменьшение концентрации кислорода).

Средняя минерализация речной воды составляет 120 мг/л, вода Енисея является маломинерализованной в устье и повышенно минерализованной у истока.

Все ионные компоненты, содержащиеся в речной воде, имеют все показатели ниже предела аналитического обнаружения. Из группы неметаллов только кремний (2 класс опасности) имеет превышение ПДК (ПДК = 130 мг/л), в 30 % исследованных проб. Переход кремния в силикатную форму заметно понижает степень его токсичности. Доля кремния в силикатной: форме составляет 0,2-0,6 мг/л. Следовательно, загрязнение кремнием не влечет существенного воздействия.

Такие металлы, как бериллий, ртуть, таллий (1 класс опасности), ниобий, вольфрам, алюминий, барий (2 класс опасности), железо, никель, марганец (3 класс опасности), изменялись (от 0,0008 до 0,25) ПДК.

Содержание органических примесей (гумусовых веществ) в речной воде 6-11 мг/л.

Бенз(а)пирен в реке Енисей и в питьевой воде обнаружен в пределах (0,125-0,336) ПДК. ПДК = 5 мг/л. Содержание его в речной и питьевой воде в 2-3 раза ниже осенью и зимой, чем весной.

Содержание пестицидов в речной воде практически отсутствовало. Содержание нефтепродуктов в речной воде не превышало (0,06-0,167) ПДК.

Хлороформ считают «индикатором» смеси хлорированных органических продуктов. Сам хлороформ относится к веществам 2 класса опасности. Содержание в реке хлороформа не превышает аналитического предела его обнаружения – 0,015 ПДК. В питьевой воде после хлорирования среднегодовое содержание хлороформа составляет 0,545 ПДК. Таким образом, хлорирование существенно может ухудшать санитарно-токсикологические показатели качества воды. В связи с этим, изучается возможность применения озонирования в части окисления фенолов, нефтепродуктов, бенз(а)пирена, снижения цветности.

По микробиологическим показателям качество воды из реки Енисей в районе водозаборов оценивается, как умеренно-загрязненная.

### **3.2.3 Потребление природных вод и сброс сточных вод в реку Енисей**

Основой водоснабжения города Красноярска являются шесть водозаборных сооружений, пять из которых инфильтрационного типа и расположены на островах. Качество воды реки Енисей в районе водозаборов формируется усредненными химическими и биологическими показателями водохранилища Красноярской ГЭС, сбросами недостаточно очищенных сточных вод города Дивногорска и ниже лежащих поселков, притоками реки Енисей и антропогенным воздействием города Красноярска.

Забор воды из реки Енисей в Красноярском крае составляет более млрд. м/год, в том числе для хозяйственно-питьевого водоснабжения используется 0,5 млрд. м/год. Водоотведение сточных вод в водные объекты - 3,7 млрд. м<sup>3</sup>/год. Снижение объемов сбросов обуславливается сокращением производств и введением систем оборотного водоснабжения. Из общего количества сброшенных вод (сточных) без очистки поступает в водоем – 7 %, недостаточно-очищенных – 21 %, нормативно-чистых – 71%, и только 1 % составляют нормативно-очищенные воды или 5 % от объема сточных вод, проходящих очистку.

Состав сточных вод зависит от характера использования воды в промышленности. По физическому состоянию загрязнения, сточные воды делятся на:

- нерастворимые примеси, находящиеся в воде в виде крупной взвеси, т.е. частицы с размерами больше десятых долей миллиметра, в виде суспензии, эмульсии и пены с размером частиц от десятых долей миллиметра до 0,1 мкр;
- коллоиды, с размерами частиц в пределах от 0,1 до 0,001 мкр;
- растворимые, находящиеся в воде в виде молекулярно-дисперсных частиц, с размерами < 0,01 мкр, которые уже не образуют отдельные фазы - система однофазная (истинный раствор).

По своей природе загрязнения сточных вод делятся на: минеральные, органические, бактериальные и биологические.

К минеральным загрязнителям относится песок, глинистые частицы, частицы руды, шлака, растворы минеральных солей, кислот и щелочей, минеральные масла и многие другие вещества.

Органические загрязнители бывают растительного и животного происхождения. К растительным относятся: остатки растений, бумаги, масла (растительного). Основным химическим элементом этого рода загрязнителей является углерод. К загрязнителям животного происхождения относятся физиологические выделения живых существ, остатки мускульных и жировых тканей, клеевые вещества, которые характеризуются значительным содержанием азота.

Бактериальные и биологические загрязнения представляют собой различные микроорганизмы: дрожжевые и плесневые грибки, мелкие водоросли и бактерии, в то числе и болезнетворные - возбудители брюшного тифа, дизентерии и пр. В сточных водах, по данным исследований, содержится: 20 % органических и 40 % минеральных растворенных веществ; 8 % органических и 2 % минеральных коллоидов; 15 % органических и 5 % минеральных суспензий; 15 % органических и 5% минеральных осаждающихся взвешенных веществ. В сточных водах с размельченным мусором, по исследованиям ЛНИИ АКХ, содержится: 9,5% органических и 7,1 % минеральных растворимых веществ; 3 % органических и 1,2 % минеральных коллоидов; 4,7 % органических и 2,5% минеральных суспензий; 12 % органических и 60 % минеральных осаждающихся взвешенных веществ.

Таблица 8 - Химический состав пыли выносимой из печей, следующий, %:

Fe <sub>общ</sub>	62,4	NiO	0,6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,8	SiO <sub>2</sub> .	0,9
MnO	5,6	CaO	5,4
MgO	1,8	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,5



Дисперсный состав пыли, выходящий из электросталеплавильной печи представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Дисперсный состав пыли, выходящий из электросталеплавильной печи.

Размер частиц, мкм	2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-20	20-44
Содержание, %	52,2	22,5	6,2	7,3	2,5	9,3	9,3

Вода, загрязненная шламами, перед сбросом на общезаводские очистные сооружения, поступает на локальную очистку в шламоотстойник.

*Назначение, основные данные и принцип работы шламоотстойника.*

Шламоотстойник предназначен для очистки шламодержащих сточных вод от газоочистных сооружений сталеплавильного цеха.

Количество отделений отстойника - 4.

Ширина отделения - 6м.

Длина отделения - 24 м.

Глубина зоны отстаивания - 3,15 м.

Гидравлическая глубина - 3,45 м.

Глубина нейтрального слоя - 0,30 м.

Объем зоны отстаивания - 435 м<sup>3</sup>.

Объем илового приямка - 11,95 м<sup>3</sup>.

Шламоотстойник состоит из распределительного лотка, впускного и сборного лотков, щитового затвора, скребкового механизма.

Принцип действия шламоотстойника заключается в следующем. Шламодержащие сточные воды от газоочистных сооружений поступают в шламовую насосную станцию и насосами по двум напорным трубопроводам перекачиваются в распределительный лоток шламоотстойника. Из распределительного лотка сточная вода поступает в каждое отделение по трубопроводам. Распределение и сбор воды в отстойнике осуществляется с



помощью водосливов. Впускной лоток предусмотрен с односторонним переливом, сборный - с двух сторонним переливом воды. Осветленная сточная вода от каждого отстойника поступает в общий отводящий трубопровод и затем на последующую ступень очистки. Аварийный сброс осветленной воды осуществляется от общего отводящего трубопровода через опломбированную задвижку. Для отключения отделения отстойника в распределительном лотке перед выпускным трубопроводом установлен щитовой затвор. Для опорожнения зоны отстаивания каждого отделения отстойника предусмотрен трубопровод. Осадок, выпавший из шламосодержащих вод, скребковым механизмом сгребается в иловый приямок, расположенный в начале отстойника, а затем грейферным краном собирается и отгружается на автомашину. Опорожнение отстойников для осмотра, чистки и ремонта должно проводиться не реже одного раза в два года.

### **3.3 Выбор и обоснование технологической схемы очистки сточных вод**

В механическом производстве вода применяется для приготовления смазочно-охлаждающих жидкостей, для приготовления технологических растворов, используемых при травлении материалов и стали, а также для промывки окрашиваемых изделий.

В результате деятельности этих производств образуются химически загрязненные стоки, которые представляют большую опасность.

Химически загрязненные стоки, образующиеся в гальваническом отделении механосборочного цеха, направляются на локальную очистку станции нейтрализации.

Основными компонентами сточных вод травильно-гальванических производств являются соединения тяжелых металлов, в том числе трех- и шестивалентного хрома. Соединения шестивалентного хрома в условиях длительного воздействия на организм человека оказывают вредное влияние:

общетоксическое, аллергенное, канцерогенное. Концентрация токсичного шестивалентного хрома в неочищенных сточных водах достигает превышение ПДК в 2-3 раза. Поэтому необходим перевод  $\text{Cr}^{6+}$  в  $\text{Cr}^{3+}$ , являющийся менее токсичным. Для этой цели предусмотрен участок по обезвреживанию хромсодержащих стоков, который размещается в пристройке к станции нейтрализации.

#### *Станция нейтрализации.*

В число основных сооружений станции нейтрализации входят: резервуар-усреднитель кислых и щелочных стоков; камера нейтрализации; вертикальные отстойники; сооружения для обезвоживания осадков (фильтр-прессы); реагентное хозяйство (дозатор известкового раствора, растворные баки, известегасилка, склад негашеной извести). А также участок обезвреживания хрома, предназначенный для перевода  $\text{Cr}^{6+}$  в  $\text{Cr}^{3+}$ , который применяется в рабочих растворах в виде хромового ангидрида.

Процесс нейтрализации можно разделить на три основных этапа:

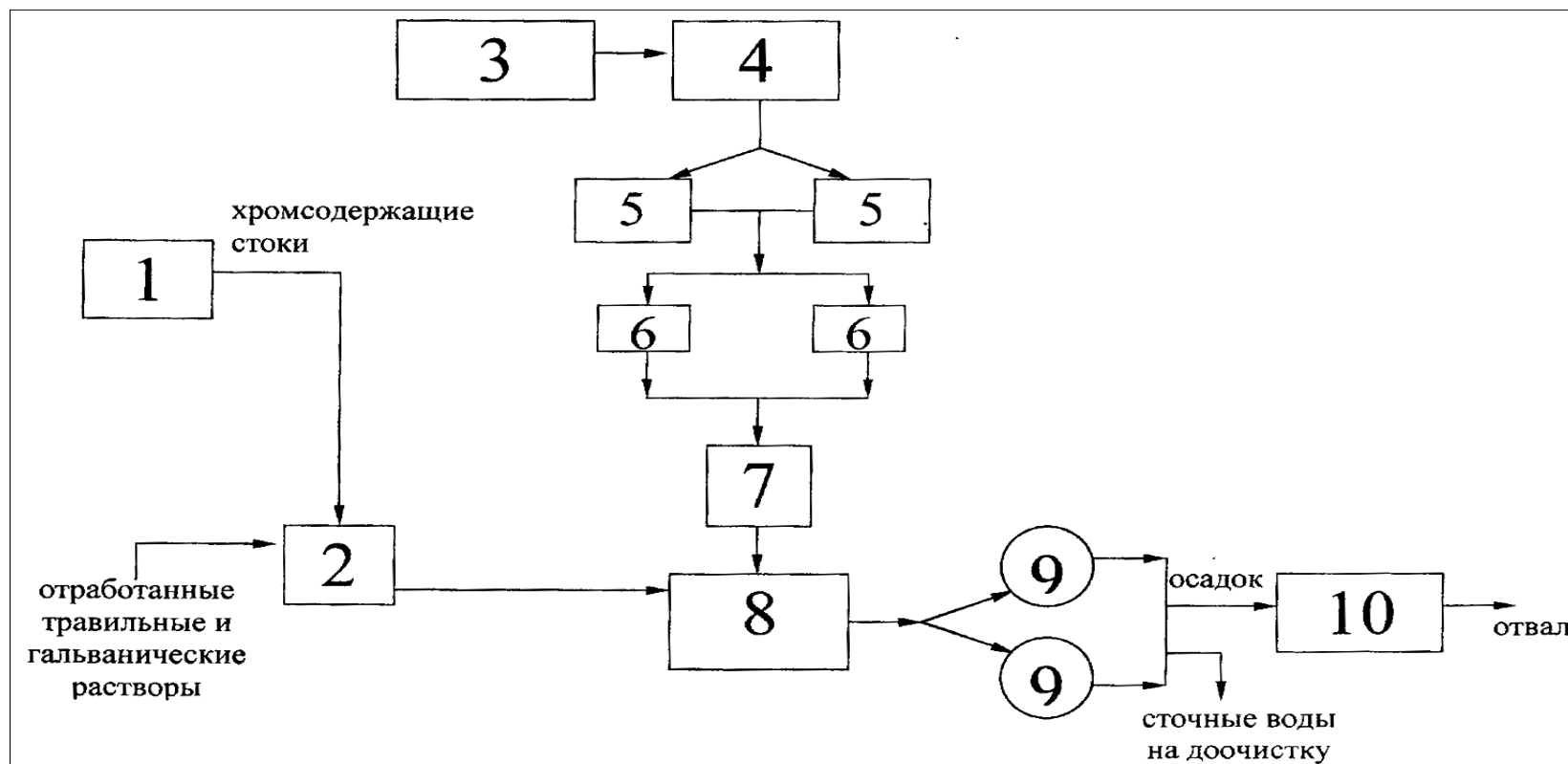
1. Доставка негашеной извести и складирование ее.
2. Подготовка извести для нейтрализации и собственно нейтрализация.
3. Очистка нейтрализованных стоков.

С заводского склада на станцию нейтрализации известь поступает в саморазгружающихся контейнерах. Из контейнеров известь выгружается в бункер и далее через закрытый питатель в известегасилку, в которую через водоподогреватель подается расчетное количество воды. Принята непрерывно-действующая термомеханическая известегасилка С-703, производительностью по извести 1,2-2 т/час. Работает она 4 часа в сутки. Допустимый максимальный размер комьев загружаемой извести составляет 200 мм. Из известегасилки густой известковый раствор по гибкому шлангу подается в растворные баки, где он доводится до 5-10 % концентрации. Для перемешивания известкового раствора баки оборудуются механическими лопастными мешалками. Установлено два растворных бака, емкостью 4 м<sup>3</sup> каждый, что составляет двух часовой запас известкового раствора при максимальной производительности

нейтрализационной установки. Баки оборудованы уровнемерами. Из растворных баков известковый раствор насосами подается в дозатор, откуда самотеком поступает в смеситель. Принцип работы дозатора состоит в том, что при определенном уровне раствора в нем через отверстие в диафрагме в смеситель вытекает постоянное количество известкового раствора. Установлен дозатор со сменной диафрагмой диаметром 20 мм. Смеситель принят двухсекционный, диаметром 1150 мм, каждая нижняя часть смесителя коническая, угол наклона стенок  $30^\circ$ .

Промывные воды со станции перекачки поступают в приемные резервуары насосной станции, откуда насосами подаются в смесители, где за счет создания вихревого потока перемешиваются с известковым раствором. Из смесителей стоки самотеком поступают в центральную часть вертикальных отстойников. Для очистки нейтрализованных стоков предусмотрены два вертикальных отстойника диаметром 7 м и со временем отстаивания 2 часа. Осадок, осевший на дно отстойников, под гидростатическим давлением поступает в приемную камеру, из которой насосами подается на фильтр-прессы для обезвоживания до влажности 30-40%. Выгрузка шлама из фильтр-пресса осуществляется в контейнер, откуда шлам вывозится автотранспортом в отвал.

Схема установки станции нейтрализации представлена на рисунке 6.



1–участок обезвреживания хрома; 2–резервуар-усреднитель; 3–склад негашеной извести; 4–известегасилка; 5–растворные баки; 6–дозаторы; 7–смеситель; 8–камера нейтрализации; 9–вертикальные отстойники; 10–фильтр-прессы.

Рисунок 6 – Схема установки станции нейтрализации.

Сточные воды станции нейтрализации, содержащие ионы тяжелых металлов, промстоки, прошедшие локальную очистку в шламоотстойнике поступают на общезаводские очистные сооружения для доочистки. Туда же по трубопроводам направляется на очистку отработанная вода из цехов.

Схема очистки сточных вод, применяемая на предприятии-аналоге, включает три ступени. Действующая в настоящее время гидроочистная станция рассчитана на механический метод очистки.

Существующая технология извлечения примесей не позволяет избавиться с высокой степенью от присутствующих в промстоках загрязнителей. В результате чего содержание загрязняющих веществ не удовлетворяет установленным нормам ПДС по всем нормируемым показателям (взвешенным веществам, нефтепродуктам, ионам металлов и др.). Эффективность очистки гидросооружений предприятия-аналога составляет 60-65 %.

Технологическая схема очистки сточных вод предприятия предполагает несколько этапов. Очистные аппараты располагаются таким образом, чтобы вода могла проходить последовательно. После усреднения промстоков вода поступает на песколовку с прямолинейным движением воды, где происходит выделение тяжелых минеральных примесей. Эффективность очистки составляет около 20 %. Очистка на песколовке является первой ступенью.

Вторая ступень очистки предусматривает направление стоков на вертикальный отстойник со встроенной камерой хлопьеобразования. Но в связи с отсутствием реагентов, предназначенных для введения в эту камеру, она является не рабочей. В результате сильно снижается эффективность работы отстойника. Степень очистки на второй ступени составляет 45-55 %.

Заключительным этапом извлечения загрязнителей является доочистка в фильтрах, эффективность которой составляет 55-65 %.

Имеющаяся гидроочистная станция не является эффективной, так как процент улавливания вредных примесей недостаточно высок.

Ввиду несоответствия качества очистки стоков, конструкции сооружений и их разрешающей способности, современным нормам и требованиям проектом

предлагается ведение работ по интенсификации действующих сооружений и созданию новых методов по очистке и доочистке стоков.

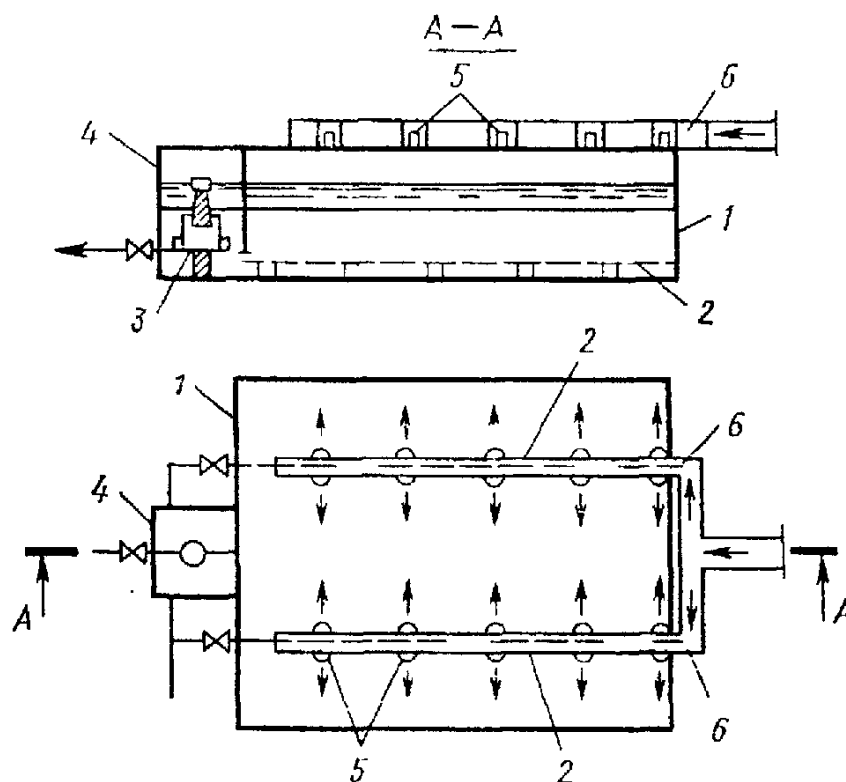
Усовершенствование и повышение эффективности очистных сооружений предлагается посредством изменения технологической схемы очистки загрязненных вод, а также путем замены устаревшего оборудования на новое, более эффективное.

Проектный вариант извлечения загрязняющих примесей предполагает трехступенчатую очистку, в основе которой лежит применение механического метода, как предварительного, с введением в технологию новых аппаратов, а в качестве основной очистки предлагается использование электрохимического метода, в данном случае электрофлотации. Внедрение этого метода позволяет повысить существующую, крайне низкую, эффективность очистки промстоков до 97%.

Первоначально подвергаем производственные загрязненные стоки с предприятия, а также стоки станции нейтрализации и стоки, прошедшие локальную очистку в шламоотстойнике, процессу усреднения, который происходит в специальных регулирующих емкостях, обеспечивающих равномерную подачу сточных вод на очистные сооружения. Усреднитель принят двухсекционный размерами 43х24х3. Для предотвращения выпадения осадков и лучшего усреднения стоков предусматривается барботаж сжатым воздухом. Распределение воздуха осуществляется дырчатыми трубами.

Необходимость данного процесса перед поступлением промстоков на очистку обуславливается тем, что расход сточных вод и концентрация в них загрязнений подвергается значительным колебаниям в течении относительно короткого времени (смены или суток), что вредно отражается на трубопроводах, аппаратуре и сооружениях, которые быстро разрушаются от коррозии. Во избежание этого и предусматривают резервуары-усреднители.

Усреднитель с перемешивающим устройством представлен на рисунке 7.



1—резервуар усреднителя, 2—барботер, 3—выпускное устройство, 4—выпускная камера, 5—впускные отверстия, 6—подающие лотки

Рисунок 7 – Усреднитель с перемешивающим устройством

Нормативы охраны природных водных объектов от засорения требует тщательного извлечения из сточных вод грубодисперсных примесей.

Учитывая вышесказанное на начальных этапах очистки сточных вод технологически наиболее целесообразно производить извлечение грубодисперсных примесей методом отстаивания.

Первоначальный состав сточных вод, поступающих на очистку, содержит большое количество тяжелых минеральных примесей, включающих:

- частицы песка, которые образуются в стоках в результате обмывки оборудования и помещений цехов;

- грубодисперсные загрязнения известкового раствора (породы, известняк) и крупных кристаллов гипса. Эти примеси образуются в сточных водах станции нейтрализации после обработки химически загрязненных стоков известковым раствором;

- других минеральных частиц с гидравлической крупностью не менее 11 мм/с.

Для выделения из сточных вод вышеперечисленных примесей применяются горизонтальные отстойники.

Эффективность составляет в среднем 50 %.

*Горизонтальный отстойник* представляет собой прямоугольный резервуар. Обычно строят два или несколько параллельно работающих отделений отстойника, чтобы при чистке или ремонте одного из них не выключать из работы все сооружение.

Элементарная теория расчета горизонтальных отстойников основывается на следующих предположениях; 1) скорости движения воды в отстойнике во всех точках какого-либо его поперечного сечения одинаковы; 2) скорость оседания взвешенных частиц равномерна в продолжение всего процесса их осаждения.

Скорость перемещения взвешенной частицы в отстойнике при указанных предположениях представляет собой равнодействующую вертикальной скорости  $u_0$  выпадения частицы под действием силы тяжести и скорости  $v$  горизонтального движения воды вдоль отстойника. Траектория движения частицы направлена здесь по равнодействующей этих двух скоростей и представляет собой прямую линию.

Выпадение взвеси происходит с момента поступления воды в отстойник. В нем будут задержаны все частицы, успевшие осесть на дно за период пребывания в отстойнике сточной жидкости, т.е. те частицы, траектория которых пересекает дно отстойника.

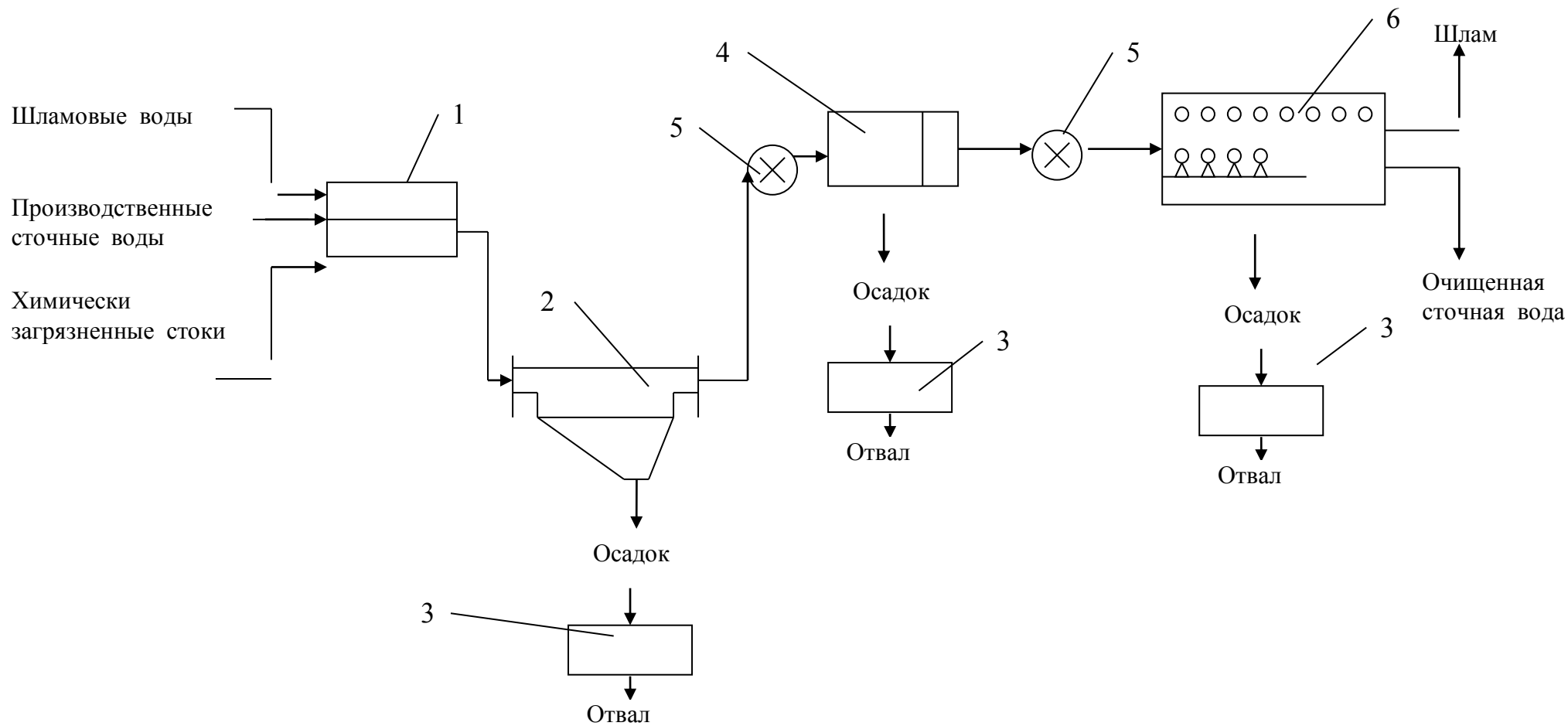
На второй ступени очистки предлагается направлять стоки после горизонтального отстойника в аппарат для осаждения ионов тяжелых металлов.



В аппарат подается реагент, содержащий в своем составе карбонатные ионы. Вода перемешивается, и вещества осаждаются на дно аппарата. Осадок идет в отвал, а вода направляется на дальнейшую очистку.

Для остаточного удаления взвешенных частиц и удаления ионов тяжелых металлов, сточная вода направляется на третью ступень очистки – электрофлотацию с использованием растворимых алюминиевых анодов, при использовании которых происходит образование хлопьев коагулянтов и пузырьков газа, что способствует более эффективной флотации. В результате внедрение данной технологии удаления загрязняющих примесей из промстоков предприятия улучшит качественный состав сточных вод и повысит эффективность очистки до 97%. Выбор предлагаемой технологии произведен на основании литературного обзора, анализа отечественного и зарубежного опытов очистки сточных вод от данного производства.

Технологическая схема очистки сточных вод представлена на рисунке 8.



1 – усреднитель; 2 – горизонтальный отстойник; 3 – шламоприёмник; 4 – аппарат для осаждения; 5 – насосы; 6 – электрофлотатор

Рисунок 8 – Технологическая схема очистки сточных вод

### 3.4 Теоретические основы выбранных методов очистки

Очистка сточных вод – это обработка их с целью разрушения или удаления из них определенных веществ, препятствующих отведению этих вод в водоёмы в соответствии с нормативными требованиями. Во всех случаях очистки стоков первой стадии является механическая очистка, предназначенная для удаления взвесей и дисперсно-коллоидных частиц. Последующая очистка от химических веществ осуществляется различными методами - физико-химическими (флотация, абсорбция, ионообмен, дистилляция, обратный осмос и ультрафильтрация и др.), химическими (реагентная очистка), электрохимическими, биологическими. Если в сточных водах имеются весьма вредные вещества, применяют термические методы, позволяющие уничтожить эти примеси. В нашем случае очистку сточных вод будем осуществлять методом электрофлотации.

Промышленные сточные воды содержат растворимые и нерастворимые вещества (взвешенные частицы). Взвешенные примеси подразделяются на: твердые и жидкие. Они образуют с водой дисперсные системы, которые можно классифицировать на грубодисперсные системы с частицами размером более 0,1 мкм (суспензии и эмульсии); коллоидные системы с частицами размером 0,1 мкм – 1 мкм; истинные растворы с частицами, соизмеримыми с отдельными молекулами или ионами.

Для удаления взвешенных примесей из сточных вод используют механические процессы отстаивания, фильтрование. Выбор метода зависит от размера частиц примесей, физико-химических свойств и концентрации веществ, находящихся во взвешенном состоянии, расхода сточных вод и необходимой степени очистки.

Отстаивание. Отстаивание применяют для осаждения из сточных вод грубодисперсных примесей. Осаждение происходит под действием силы

тяжести. Для проведения процесса используются песколовки, отстойники и осветлители.

Как правило, сточные воды, содержащие взвешенные примеси, имеют частицы различной формы и размера. В процессе осаждения размер, плотность и форма частиц, а также физические свойства системы изменяются. Кроме того, при слиянии различных по химическому составу сточных вод могут образоваться твердые вещества, в том числе и коагулянты, что также оказывает влияние на форму и размеры частиц. Все это усложняет установление действительных закономерностей процесса осаждения. Свойства сточных вод отличаются от свойств чистой воды более высокими значениями вязкости, плотности и содержанию взвешенных твердых частиц.

При отстаивании сточных вод наблюдается стесненное осаждение, которое сопровождается столкновением частиц, трением между ними и изменением скоростей как больших, так и малых частиц. Скорость стесненного осаждения меньше скорости свободного осаждения вследствие возникновения восходящего потока жидкости и большей вязкости среды.

При периодическом процессе осаждения взвешенные частицы в отстойнике распределяются неравномерно по высоте слоя сточных вод. Через какой-то промежуток времени после начала отстаивания в верхней части отстойника появляется осветленный слой жидкости. Чем ближе к дну отстойника, тем выше концентрация взвешенных частиц в сточной воде, а у самого дна образуется слой осадка. С увеличением времени отстаивания высота слоя осветленной жидкости и высота слоя осадка возрастают. Через определенный промежуток времени в отстойнике будет находиться только слой осветленной жидкости и слой осадка. В дальнейшем, если осадок не удалить, он будет уплотняться с уменьшением его высоты. При непрерывном отстаивании наблюдаются те же зоны, но высота их не меняется в ходе процесса.

Флотацию относят к физико-химическим методам очистки сточных вод. Этот метод используют для удаления из сточных вод тонкодиспергированных

взвешенных частиц (твердых и жидких), растворимых газов, минеральных и органических веществ.

Использование физико-химических методов для очистки сточных вод по сравнению с использованием биохимических методов имеет ряд преимуществ:

- 1) возможность удаления из сточных вод токсичных, биохимически-неокисляемых органических загрязнений;
- 2) достижение более глубокой и стабильной степени очистки;
- 3) уменьшение размеров сооружений;
- 4) уменьшение чувствительности к изменениям нагрузок;
- 5) возможность полной автоматизации;
- 6) более глубокая изученность кинетики ряда процессов, а также вопросов моделирования, математического описания и оптимизации, что важно для правильного выбора и расчета аппаратуры;
- 7) отсутствие контроля за деятельностью живых организмов;
- 8) возможность рекуперации различных веществ.

Флотацию применяют для удаления из сточных вод нерастворимых диспергированных примесей, которые самопроизвольно плохо отстаиваются.

Флотация имеет ряд достоинств: непрерывность процесса, широкий диапазон применения, небольшие капитальные и эксплуатационные затраты, простая аппаратура, селективность выделения примесей, по сравнению с отстаиванием большая скорость процесса, высокая степень очистки (95 – 98%), возможность рекуперации удаляемых веществ. Флотация сопровождается аэрацией сточных вод, снижением концентрации ПАВ и легкоокисляемых веществ, бактерий и микроорганизмов. Все это способствует успешному проведению последующих стадий очистки сточных вод.

Метод флотации заключается в следующем: при сближении поднимающегося в воде пузырька воздуха с твердой гидрофобной частицей разделяющая их прослойка воды при некоторой критической толщине прорывается и происходит слипание пузырька с частицей. Затем комплекс пузырек - частица поднимается на поверхность воды, где пузырьки собираются,

и возникает пенный слой с более высокой концентрацией частиц, чем в исходной сточной воде.

Смачиваемость частицы характеризуется величиной краевого угла. Чем больше краевой угол смачивания, тем больше вероятность прилипания и прочность удержания пузырька на поверхности частицы. Прилипание происходит при столкновении пузырька с частицей или при возникновении пузырька из раствора на поверхности частицы.

Эффект разделения флотацией зависит от размера и количества пузырьков воздуха. Оптимальный размер пузырьков равен 15 - 30 мкм. Необходимо большое газосодержание и высокая степень насыщения воды пузырьками. Удельный расход воздуха снижается с повышением концентрации примесей, так как увеличивается вероятность столкновения и прилипания. Большое значение имеет стабилизация размеров пузырьков в процессе флотации.

Вес частиц не должен превышать силы прилипания ее к пузырьку и подъемной силы пузырьков. Размер частиц, которые хорошо флотируются, зависит от плотности материала и равен 0,2 - 1,5 мм.

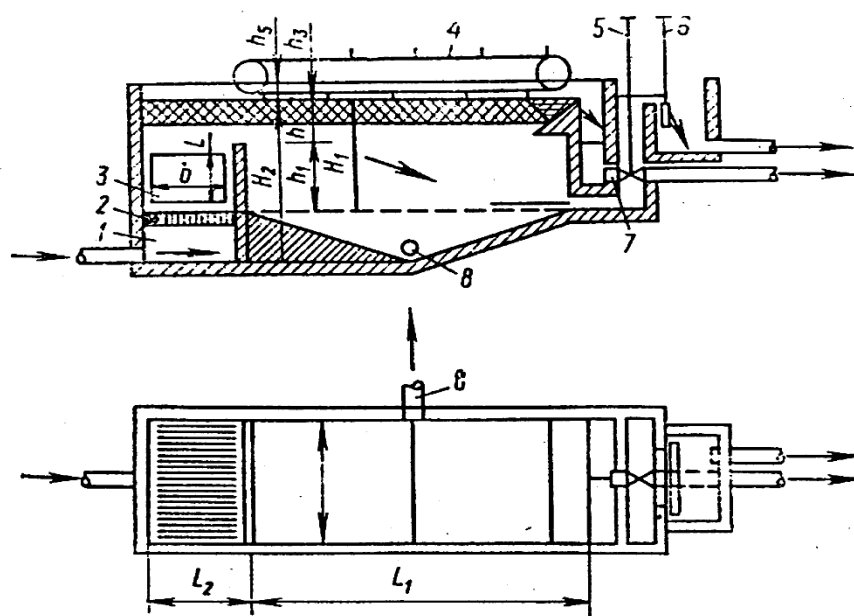
Электрофлотация. Этим методом очищают сточные воды нефтеперерабатывающих, металлургических и других предприятий. Электролитическая флотация является одним из наиболее перспективных направлений флотационной очистки сточных вод.

В этом процессе очистки сточных вод от взвешенных частиц проходит при помощи пузырьков газа, образующихся при электролизе воды. На аноде возникают пузырьки кислорода, а на катоде – водорода. Поднимаясь в сточной воде эти пузырьки флотируют взвешенные частицы. При использовании растворимых электродов происходит образование хлопьев коагулянтов и пузырьков газа, что способствует более эффективной флотации.

Основную роль при электрофлотации играют пузырьки, образующиеся на катоде. Размер пузырька водорода значительно меньше, чем при других методах флотации. Диаметр пузырьков меняется от 20 до 100 мкм. Мелкие пузырьки обладают большей растворимостью, чем крупные. Из пересыщенных

растворов мельчайшие пузырьки выделяются на поверхности частичек загрязнений, тем самым способствует эффекту флотации. Эти частицы прилипают к пузырькам в воде. Для получения пузырьков требуемого размера необходим правильный подбор материала, диаметра проволоки катода и плотности тока. Оптимальное значение плотности тока  $200 - 260 \text{ А/м}^2$  величина газосодержания около 1%. При небольших объемах сточных вод  $v = 15 \text{ м}^3/\text{с}$ . Электрофлотационные установки используются однокамерные, при больших объемах применяются двухкамерные, которые бывают горизонтальными и вертикальными. Они состоят из электродного отделения и отстойника. Сточная вода поступает в успокоитель, который отделен от электродного отделения решеткой. Пройдя через межэлектродное пространство, вода насыщается пузырьками газа. Всплывание пузырьков с частицами происходит в отстойной части. Всплывший шлам перемещается скребком в шламоприёмник откуда и удаляется.

Горизонтальный электрофлотатор представлен на рисунке 9.



1 – впускная камера; 2 – решетка успокоитель; 3 – электродная система;  
4 – скребки; 5 – регулятор отвода шлама; 6 – регулятор уровня на выпуске воды; 7 – шламоприемник; 8 – отвод осадка.



### 3.5 Расчет оборудования

#### 3.5.1 Расчет горизонтального отстойника

Расчет отстойника выполняем по методу Жукова. Расчетный расход на отстойнике:

$$q_{\max} = \frac{Q \cdot k}{24 \cdot 3600} \quad (1)$$

77

где  $Q$  – расход сточных вод,  $\text{м}^3/\text{сут.}$

$$q_{\max} = \frac{25400 \cdot 1,3}{24 \cdot 3600} = 0,382 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

Принимаем отстойник из четырех отделений.

Расход на каждое отделение:

$$q = \frac{q_{\max}}{n} = \frac{0,382}{4} = 0,0955 \text{ м}^3 / \text{с} \quad (2)$$

Требуемый эффект осветления воды:

$$\vartheta = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \cdot 100 = \frac{305 - 152}{305} \cdot 100 = 50\% \quad (3)$$

Принимаем глубину проточной части отстойника  $H = 2$ , а среднюю скорость потока  $v_{\text{ср}} = 5$  мм/с. При распределении воды в начале сооружения и сброс ее в конце сооружения с помощью водослива  $h_0 = 0,25\text{м}$ , а  $\alpha = 30^\circ$ .

Определить длину участка  $l_1$ , на котором высота активного слоя в отстойнике достигнет расчетной глубины  $H=2$  м.

Средняя глубина потока  $h_{cp}$  на этом участке:

$$h_{cp} = \frac{H + h_0}{2,15} = \frac{2 + 0,25}{2,15} = 1,05 \text{ мм/с} \quad (4)$$

Средняя плотность потока  $v_1$  на участке  $l_1$ :

$$v_1 = \frac{v_{cp} \cdot H}{h_{cp}} = \frac{5 \cdot 2}{1,05} = 9,5 \text{ мм/с} \quad (5)$$

При этом  $k = 0,16$ ; вертикальная турбулентная составляющая  $w = 0,04$ .

$$l_1 = \sqrt[1,15]{(H - h_0) / k} = \sqrt[1,15]{(2 - 0,25) / 0,16} = 8,1 \text{ м} \quad (6)$$

Продолжительность протекания воды на участке  $l_1$ :

$$t_1 = \frac{l_1}{v_1} = \frac{8,1 \cdot 100}{9,5} = 853 \text{ с} = 0,24 \text{ ч} \quad (7)$$

За это время минимально оседающая частица пройдет путь:

$$h_1 = t_1 (u_0 - \omega_1) = 850 \cdot (0,33 - 0,04) = 247,4 \text{ мм} = 0,25 \text{ м}, \quad (8)$$

где  $u_0$  = гидравлическая разность взвеси, мм/с.

Оставшуюся часть глубины отстойника частица пройдет за время (при  $v_{cp} = 5 \text{ мм/с}$ ;  $w_1 = 0,04$ ):

$$t_2 = \frac{H - h_1}{u_0 - \omega_1} = \frac{2000 - 247,4}{0,33 - 0,04} = 5477 \text{ мм} = 1,52 \text{ ч} \quad (9)$$

За это время частица перемещается по горизонтали на расстояние:

$$l_2 = t_2 \cdot v_{cp} = 5477 \cdot 0,005 = 27,4 \text{ м} \quad (10)$$

Длина сужения потока

$$l_3 = \frac{H}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{2}{\operatorname{tg} 30^\circ} = \frac{2}{0,577} \approx 3,5 \text{ м} \quad (11)$$

Общая длина отстойника должна быть

$$L = l_1 + l_2 + l_3 = 8,1 + 27,4 + 3,5 = 39 \text{ м} \quad (12)$$

Ширина отделений отстойника:

$$B = \frac{q}{H \cdot v} = \frac{0,0955}{2 \cdot 0,005} = 9,55 \text{ м} \quad (13)$$

Масса уловленного осадка отстойником за сутки:

$$Q_{сyx} = \frac{C_1 \cdot \varepsilon \cdot K \cdot Q}{1000 \cdot 1000} = \frac{305 \cdot 0,8 \cdot 1,2 \cdot 25400}{10^6} = 7,44 \text{ т./сут} \quad (14)$$

Объем выпавшего осадка:

$$V_{oc} = \frac{100 \cdot Q_{cyx}}{(100 - W_{oc}) \rho} = \frac{100 \cdot 7,44}{(100 - 75) \cdot 1,8} = 16,5 \text{ м}^3 / \text{сут} \quad (15)$$

### 3.5.2 Расчет электрофлотатора

Рассчитаем электрофлотационную установку для очистки сточных вод при следующих исходных данных: расход сточных вод  $Q_{ж} = 608 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; в качестве электродов используем алюминиевые пластины, т.к. при растворении образуется комплекс, который способствует более быстрому выпадению в осадок загрязняющих веществ.

Принимаем горизонтальный электрофлотатор, состоящий из четырёх флотационных камер. Число электродов, располагаемых в каждой камере, найдём по формуле:

$$n_{\text{э}} = (A - 2a + c) / (b + c) = (2000 - 2 \cdot 100 + 20) / (8 + 20) = 65, \quad (16)$$

где  $A$  – ширина флотокамеры, м;  $A=2$  при  $Q < 90 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;

$a$  – зазор между крайними пластинами и стенками камеры,  $a = 100 \text{ мм}$ ;

$c$  – зазор между пластинами (15-20мм),  $c = 20 \text{ мм}$ ;

$b$  – ширина пластин (6-10мм),  $b = 8 \text{ мм}$ .

Определяем необходимую площадь пластин электродов:

$$f_{\text{э}} = f_{a.э} / (n_{\text{э}} - 1) = 73,3 / (65 - 1) = 1,15 \text{ м}^2 \quad (17)$$

где  $f_{a.э} = E \cdot Q' / i = 200 \cdot 55 / 150 = 73,3 \text{ м}^2$  ( $E = 200 \text{ А} \cdot \text{ч} / \text{м}^3$  – удельное количество электричества;

$i = 150 \text{ А} / \text{м}^2$  – плотность тока на электродах;

$E$  и  $i$  определяют экспериментально;

$Q'$  – расчётный расход сточных вод,  $\text{м}^3/\text{ч}$  – по справочным данным).

Назначив высоту пластин  $h_{\text{э}} = 1,15 \text{ м}$ , рассчитаем их длину:

$$l_{\text{э}} = f_{\text{э}} / h_{\text{э}} = 1,15 / 1,15 = 1 \text{ м} \quad (18)$$

Длина электродной камеры:

$$l_{\text{Э.К}} = l_{\text{Э}} + 2a = 1 + 2 \cdot 0,1 = 1,2 \text{ м} \quad (19)$$

Находим объём электродной камеры:

$$V_{\text{Э}} = A \cdot H_{\text{Э.К}} \cdot l_{\text{Э.К}} = 2 \cdot 2 \cdot 1,2 = 4,8 \text{ м}^3 \quad (20)$$

18 где  $H_{\text{Э.К}} = h_1 + h_2 + h_3 = 1,15 + 0,4 + 0,45 = 2 \text{ м} \quad (21)$

Далее подсчитываем объём флотационной камеры:

$$V_{\text{Ф}} = Q' \cdot t_{\text{Ф}} = 55 \cdot 0,5 = 27,5 \text{ м}^3 \quad (22)$$

где  $t_{\text{Ф}}$  – продолжительность осветления ( $t_{\text{Ф}} \approx 0,30\text{--}0,75$  ч), принимаем равным 0,5 ч.

Длина флотационной камеры:

$$l_{\text{Ф}} = V_{\text{Ф}} / (A \cdot H_{\text{Э.К}}) = 27,5 / (2 \cdot 2) = 6,9 \text{ м} \quad (23)$$

Общий объём электрофлотационной установки:

$$V_{\text{У}} = 2(V_{\text{Э}} + V_{\text{Ф}}) = 2(4,8 + 27,5) = 64,6 \text{ м}^3 \quad (24)$$

Далее определяем количество материала электродов  $m$ , переходящего в 1 м<sup>3</sup> раствора (для алюминиевых электродов):

$$m = K_1 \cdot \text{Э} \cdot E = 0,6 \cdot 0,33 \cdot 200 = 40,3 \text{ г / м}^3 \quad (25)$$

где  $K_1$  – коэффициент выхода по току,  $K_1 \approx 0,5-0,95$ ;

$\mathcal{E}$  - электрохимический потенциал, г/(А·ч); для  $Al^{3+}$   $\mathcal{E} = 0,336$ .

Определим срок службы электродной системы:

$$T = M \cdot 100 / (m \cdot Q \cdot 24) = (2745 \cdot 100) / (40,3 \cdot 608 \cdot 24) = 10_{сут} \quad (26)$$

где  $M = \rho \cdot K_2 \cdot f_3 \cdot b \cdot n_3 = 2700 \cdot 0,9 \cdot 1,15 \cdot 0,008 \cdot 260 = 5\,812,56$  кг – масса металла электродов, растворяющихся при электролизе;

$\rho$  - плотность металла, кг/м<sup>3</sup>;

$K_2$  – коэффициент использования материала,  $K_2 = 0,8-0,9$  ( $n_3=260$  для четырёх камер,  $b$  принимаем равной 0,008 м).

#### 4 Нормативно - правовая база

В соответствии с Конституцией Российской Федерации каждый человек имеет право на благоприятную окружающую природную среду, все обязаны сохранять природу, бережно относиться к природным ресурсам.

В Российской Федерации наибольшее значение для регулирования, использования и охраны водных ресурсов, имеет Закон «Об охране окружающей природной среды» №7-ФЗ. Данный закон определяет правовые основы в области охраны окружающей среды, обеспечивающие наиболее рациональные решения социально-экономических задач, а так же не мало важным является сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия, рационального использования природных ресурсов в целях удовлетворения потребностей поколений и обеспечения экологической безопасности.

Важнейшими задачами являются:

- регулирование отношений общества и природы с целью сохранения природных ресурсов и естественной среды обитания;
- предотвращение неблагоприятных факторов хозяйственной и иной деятельности, оздоровления и улучшения качества природной среды, укрепления законности и правопорядка.

При осуществлении любых видов деятельности, оказывающих отрицательное воздействие на состояние окружающей природной среды, предприятия должны соблюдать некоторые принципы:

- а) важнейшим является обеспечение благоприятных экологических условий для жизни, труда и отдыха населения, т.е охрана жизни и здоровья человека;
- б) соблюдение экологических и экономических интересов общества, обеспечивающих гарантии прав человека на здоровую и благоприятную для жизни окружающую природную среду;

в) использование природных ресурсов рационально, с учетом окружающей природной среды;

г) соблюдение требований природоохранительного законодательства.

Объектами охраны окружающей природной среды являются:

- земля, её недра;
- поверхностные и подземные воды;
- атмосферный воздух;
- растительность;
- животный мир, микроорганизмы, генетический фонд;
- природные ландшафты.

Экономический механизм, его задачи:

- планирование и финансирование природоохранных мероприятий;
- установление лимитов использования природных ресурсов, сбросов и выбросов загрязняющих веществ и размещение отходов;
- установление нормативов платы и размеров платежей за использование природных ресурсов, сбросы и выбросы загрязняющих веществ, размещение отходов и другие виды вредного воздействия;
- возмещение вреда, причинённого окружающей природной среде и здоровью человека.

Финансирование мероприятий по охране окружающей среды проводятся за счёт средств предприятия.

Плата за загрязнение взимается за:

- выбросы, сбросы загрязняющих веществ, размещение отходов и другие виды загрязнения в пределах и сверх установленных нормативов;

При нарушении требований нормативов - выбросы, сбросы вредных веществ или иные виды воздействия на природную среду могут быть ограничены, приостановлены или прекращены по предписанию специально уполномоченных государственных органов Российской Федерации.

Законом об охране окружающей природной среды определяются правовые требования, которые должны выполнять все природопользователи.



– Не должны оказывать вредного воздействия на состояние окружающей природной среды, в том числе водных объектов.

Основные экологические требования при размещении, проектировании, строительстве, вводе в эксплуатацию предприятий, сооружений и иных объектов:

– При размещении, технико-экономическом обосновании проекта, проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию предприятий, оказывающих влияние на состояние природной среды, должны выполняться требования экологической безопасности и охраны здоровья населения, а так же предусматриваться мероприятия по охране природы, ее оздоровлению и рациональному использованию природных ресурсов.

– При нарушении указанных требований приостанавливают деятельность до устранения недостатков, либо полностью прекращают работу по размещению, проектированию, строительству, реконструкции, вводу в эксплуатацию объектов, при предписании уполномоченных органов Российской Федерации.

– Предприятия, учреждения, организации, граждане должны принимать эффективные меры по соблюдению технологического режима и выполнению требований по охране природы, рациональному использованию природных ресурсов, и оздоровлению природы. Так же должны обеспечивать соблюдение установленных нормативов на основе соблюдения утверждённых технологий. Должны внедряться экологически безопасные технологии и производства, так же должна соблюдаться надёжная и эффективная работа очистных сооружений, всех установок и средств контроля, обезвреживанию и утилизации отходов. Проведение мероприятий по охране земель, недр, вод, лесов, животного мира, воспроизводству природных ресурсов.

*СанПиН 2.1.5.980-00 Гигиенические требования к охране поверхностных вод.*

– Санитарно-эпидемиологические правила устанавливают гигиенические требования :

- к качеству воды водных объектов в пунктах питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования;
- к условиям отведения сточных вод в водные объекты;
- к проектам, строительству, модернизации и эксплуатации объектов, способных повлиять негативно на состояние поверхностных вод, а также требования к организации контроля за качеством воды водных объектов.

Требования этих правил распространяются на все поверхностные водные объекты на территории России, т.е. те, которые используются для нужд населения, за исключением прибрежных вод морей.

Данные правила обязательны для исполнения на территории России всеми лицами, деятельность которых связана с этапом проектирования, строительства и эксплуатацией объектов, а также правила важны для организаций, осуществляющих управление и контроль в области охраны вод.

Санитарно-эпидемиологические правила оказывают большое влияние на предотвращение и устранение загрязнений поверхностных вод, которые в свою очередь могут приводить к развитию заболеваний, а также к ухудшению условий водопользования населения.

Водные объекты питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования нужно считать загрязненными, если показатели воды, такие как состав, свойства, изменились из-за влияния хозяйственной деятельности, бытового использования и стали непригодными для водопользования населения.

Участок водного объекта, используемый для питьевого, хозяйственно-бытового водоснабжения, рекреации и спорта, является пунктом водопользования.

Водопользователи исходя из регламентов сброса сточных вод и требований к различным видам деятельности обязаны обеспечивать разработку водоохраных мероприятий и их осуществление, так же обязаны осуществлять контроль за использованием и охраной вод. Соблюдать меры по

предотвращению и полной ликвидации загрязнения воды, в т. ч. и вследствие аварийных ситуаций.

Государственный надзор занимающийся соблюдением требований этих правил осуществляется органами и учреждениями государственной санитарно-эпидемиологической службы Российской Федерации.

Органы исполнительной власти, органы местного самоуправления, индивидуальные предприниматели и юридические лица могут в соответствии с их полномочиями принять меры по ограничению, приостановлению или запрещению деятельности, в случае, если водные объекты представляют опасность для здоровья населения.

*ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.*

– Гигиенические нормативы ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования разработаны в соответствии с Федеральным законом «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения от 30 марта 1999 года, № 52-ФЗ и Положением о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 июля 2000 года, № 554.

Данные нормативы действуют на всей территории Российской Федерации и устанавливают предельные допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

Эти нормативы распространяются на воду подземных и поверхностных водоисточников, используемых для централизованного и нецентрализованного водоснабжения населения, для рекреационного и культурно-бытового водопользования, а также питьевую воду и воду в системах горячего водоснабжения.

Они разработаны на основе экспериментальных исследований токсичности и опасности веществ, влияния на санитарный режим водоемов, органолептических исследований, а также с учетом эпидемиологических исследований.

*СанПиН 2.1.4.1075-01 Гигиенические требования к качеству воды централизованного водоснабжения. Правовые основы использования водных объектов.* Все водные объекты являются возобновляемыми, ограниченными и уязвимыми природными ресурсами, они используются и охраняются.

На стадиях проекта и самого строительства, а также при внедрении новых технологических процессов, нужно создавать замкнутые системы водоснабжения. Проекты и строительство прямоточных систем водоснабжения, обычно, не допускаются. Так же не допускаются ввод в эксплуатацию объектов орошения сточными водами без создания пунктов наблюдения за состоянием водных объектов.

При эксплуатации объектов запрещается:

- Осуществление сброса неочищенных и необезвреженных сточных вод в водные объекты;
- Осуществлять забор воды в водных объектах, сильно влияющих на их состояние;
- Осуществлять сброс сточных вод содержащих инфекционных возбудителей, так же тех, для которых не установлены предельно допустимые концентрации.

*Водный кодекс РФ.* Изданные нормативные правовые акты, в соответствии с водным законодательством основываются на таких принципах как:

- Использование водных ресурсов не должно оказывать негативное воздействие на окружающую среду;
- Сохранение особо охраняемых водных объектов, ограничение или запрет использования которых устанавливается федеральными законами;

– Водные объекты могут использоваться для одной или нескольких целей;

– Приоритет использования водных объектов для целей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения перед иными целями их использования.

*Федеральный закон от 30.03.1999 N 52-ФЗ О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения.*

Данный закон направлен на обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Он обеспечивается выполнением профилактических мероприятий и обязательного соблюдения, санитарных правил, а так же лицензирования видов деятельности.

*ГОСТ 12.2.203–91 Оборудование производственное. Общие требования безопасности.* Этот стандарт распространяется на производственное оборудование, которое применяется во всех отраслях хозяйства, и устанавливает общие требования безопасности.

Производственное оборудование должно обеспечивать безопасность сотрудников при любых видах работ, например таких как, монтаж (демонтаж) и др.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экологическая ситуация настоящего времени вызывает необходимость оценивать последствия любой деятельности, связанной с вмешательством в окружающую среду. Бакалаврская работа выполнена на базе предприятия ФГУП «Красмашзавод» расположенного в промышленной части города Красноярска. В состав завода входят металлургическое, механосборочное и вспомогательное производство. При получении продукции на предприятии образуется значительное количество отходов.

06 Данная работа рассматривает подробно все виды отходов: твердых, газообразных, жидких, их номенклатуру, качественно-количественные характеристики. Особое внимание уделяется важной проблеме - очистке сточных вод, чему и посвящена специальная часть бакалаврской работы, направленная на разработку технологической схемы очистки промстоков предприятия.

В проектной части подробно представлена имеющаяся на заводе схема очистки сточных вод на гидроочистных сооружениях, включающая описание локальной очистки после отдельных процессов основного производства, а именно: после мокрой газоочистки сталеплавильного цеха и очистку химически загрязненных стоков травильно-гальванического производства на станции нейтрализации. На предприятии отсутствует оптимальная система очистки производственных стоков.

Технология удаления загрязняющих веществ предполагает очистку в три ступени, при этом применяемому очистному оборудованию, присуща низкая степень очистки. В результате, очищаемая вода превышает во много раз нормативные значения и, следовательно, не удовлетворяет требованиям, установленным на содержание нормируемых показателей в сточной воде. Эффективность очистки промстоков на предприятии составляет 60-65%.

В специальной части работы подробно изучена возможность замены старого гидроочистного оборудования. Здесь же предложена схема очистки

промышленных сбросов, предусматривающая механический и электрохимический методы, с заменой малоэффективного оборудования на оборудование, обеспечивающее более высокую степень очистки.

Усовершенствование существующей, малоэффективной схемы удаления загрязняющих веществ, а также внедрение в технологическую схему нового метода очистки, а именно электрохимического (электрофлотация) с параллельной заменой старых гидроочистных аппаратов, позволяет улучшить качественный состав сточных вод и повысить эффективность существующей очистки до 97%.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 12.2.203–91 Оборудование производственное. Общие требования безопасности. ВЗАМЕН ГОСТ 12.2.003-74. – Москва: Стандартинформ, 2007. – 11 с.
2. ГОСТ 2.316–2008 Единая система конструкторской документации. Правила нанесения надписей, технических требований и таблиц на графических документах. Общие положения. Взамен ГОСТ 2.316–68. –Москва: Стандартинформ, 2009. – 11 с.
3. СТО 4.2–07–2014. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной и научной деятельности. – Красноярск: ИПК СФУ, 2014. – 60 с.
4. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. – Взамен ГН 2.1.5.689-98 : Москва : Стандартинформ – 2003. – 152 с.
5. СанПиН 2.1.5.980-00 Гигиенические требования к охране поверхностных вод. – Взамен СанПиН 4630-88 Москва : Стандартинформ: 2000. – 45 с.
6. СанПиН 2.1.4.1175-02 Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников. Москва : Стандартинформ, – 37 с.
7. Соколов М.П. Очистка сточных вод : Учебник / Под ред. Соколова М.П. Набережные Челны: КамПИ, 2005. – 213 с.
8. Карамзина Ф.В. Очистка промышленных сточных вод: Учебник / Под ред. Карамзина Ф.В.. – М.: Госстройиздат, 2012. – 496 с.
9. Гирусова Э.В. Экология и экономика природопользования: Учебник для вузов / Под ред. проф. Гирусова, Э. В. - М.: Закон и право, ЮНИТИ, 1998. – 455 с.



10. Рыбаков Ю.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Конспект лекций для студентов специальности 280202- Инженерная защита окружающей среды. – Екатеринбург: РИО УрГУПС. – 2005. – 196 с.

11. Комарова Л.Ф. Использование воды на предприятиях и очистка сточных вод в различных отраслях промышленности. Учебное пособие / под ред. Комарова Л.Ф., Полетаева М.А. —Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010. — 174 с.

12. Комонов С.В. Нормативно-правовая база. Перечень природоохранных документов. Методические указания для выполнения выпускной квалификационной работы. – Красноярск: ИПК СФУ. – 2013. – 68 с.

13. Миронова Ж.В. Экономика природопользования. Методические указания по выполнению курсовой работы для специальности (280202) «Инженерная защита окружающей среды» / Сост. Ж.В. Миронова; ГУЦМ и З, Красноярск, 2005. – 28 с.

14. Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод/Учебник для вузов / под ред Яковлев С.В., Воронов Ю.В. - М.: АСВ, 2004. – 704 с.

15. Зенькович Н.В. Государственный контроль качества воды [Сборник]: сб. стандартов / под ред. Н.В. Зенькович, В.П. Виденеев, Г.Г. Шорохова, М.В. Глушкова, Т.А. Киселева. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 688 с.

16. Родионов, А.И. Технологические процессы экологической безопасности. (Основы энвайронменталистики): Учебник для вузов/ А.И.Родионов, В.Н.Клушин, В.Г.Систер. – Калуга : Издательство Н.Бочкаревой, 2000.– 800 с.

17. Маслова В.В. Экономика природопользования: метод. указания по выполнению лабораторных работ для студентов специальности «Экономика и управление на предприятиях природопользования» / Сост. Маслова В.В., Миронова Ж.В.; ГУЦМиЗ. - Красноярск.-2001. – 32 с.

18. Конституция Российской Федерации [Электронный ресурс]: офиц. текст. – Москва : Маркетинг, 2001. – 39 с. // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

19. Водный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : федер. закон от РФ от 03.06.2006 г. N 74-ФЗ. // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

20. Федеральный закон от 30.03.1999 N52-ФЗ О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения. [Электронный ресурс] : федер. закон от 30.03.1999 г. N 52-ФЗ. // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

21. Федеральный закон от 30.03.1999 N52-ФЗ Об охране окружающей среды. [Электронный ресурс] : федер. закон от 10.01.2002 г. N 7-ФЗ. // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.